

**Міністерство освіти і науки України
Житомирський державний університет імені Івана Франка**

О.К. Ткаченко М.В. Федьович

**ПРАКТИКУМ ІЗ ШКІЛЬНОГО ФІЗИЧНОГО
ЕКСПЕРИМЕНТУ**

Електричне обладнання кабінету фізики

Житомир 2012

ПЕРЕДМОВА

- Експериментальні методи пізнання – важлива складова частина методологічного арсеналу фізичної науки. Більше того, експеримент як штучне відтворення фізичних явищ з метою їх, багаторазового спостереження і детального вивчення, один з основних методів пізнання.

- Він, по-перше, дає змогу одержати нові емпіричні дані, які систематизуються й узагальнюються в законах і теоріях. По-друге, він є критерієм істинності положень науки і проводиться в інтересах підтвердження чи спростування вже існуючих ідей та теорій. По-третє, через експеримент здійснюється взаємозв'язок фізичних знань із практикою та виробництвом.

- Хоч сучасна фізика і поділяється на експериментальну та теоретичну, в загальному процесі пізнання експериментальні і теоретичні методи тісно взаємопов'язані. Будь-який експеримент від початку до кінця пронизується теорією. У свою чергу, результати, одержані шляхом теоретичних досліджень, підлягають експериментальній перевірці. Отже, теорія й експеримент – дві сторони єдиного процесу пізнання.

- Враховуючи той факт, що навчальне пізнання багато в чому подібне до наукового, досягти бажаних результатів у навчанні можна, приділяючи належну увагу методам і засобам, характерним для фізичної науки. Відображення експериментального характеру фізичної науки здійснюється в шкільному курсі шляхом широкого використання різних видів фізичного експерименту: демонстраційних і фронтальних дослідів, фронтальних лабораторних робіт, робіт фізичного практикуму, експериментальних задач, позакласних дослідів.

- Майже всі ці види фізичного експерименту увійшли до даного посібника, в якому подається опис лабораторних робіт із методики й техніки шкільного фізичного експерименту. Запропонований посібник містить завдання, які спрямовують навчальну самостійну роботу студентів на вивчення шкільного обладнання й оволодіння методикою проведення експерименту. Майбутній учитель повинен навчитись грамотно з методичної й технічної точок зору проводити навчальний експеримент, за його допомогою знайомити

учнів із методами природничонаукового дослідження, розвивати творчий потенціал їх, мислення .

- Оскільки вчитель виступає посередником між учнями і навчальним експериментом, від його методичної майстерності і технічної грамотності залежить успіх у засвоєнні навчального предмета. Тому-то лабораторні роботи з методики й техніки навчального фізичного експерименту передбачають експериментальну підготовку майбутнього вчителя як у плані оволодіння технікою та технологією фізичного експерименту, так і в напрямку формування навичок розв'язування конкретних дидактичних завдань, як-от:

- а/ дотримання певної логічної послідовності в доборі демонстрацій;

- б/ визначення мети, функціонального призначення досліду;

- в/ раціонального розміщення приладів при проведенні демонстрацій;

- г/ надання демонстрації проблемного характеру;

- д/ виявлення методичних переваг однієї демонстрації перед іншою;

- е/ порівняльна методична оцінка варіантів досліду;

- є/ вибір доцільної методики роботи з таблицею, відеофільмом, кінофільмом, демонстрацією тощо.

- Посібник написано з урахуванням програм шкільного курсу фізики та вузівського курсу методики навчання фізики.

- На етапі самостійного опрацювання літературних джерел, студенту необхідно:

- ознайомитись з програмою середньої загальноосвітньої школи;
- повторити за шкільними та вузівськими підручниками теоретичний матеріал, пов'язаний з темою роботи;
- продумати методику проведення демонстрацій, передбачених інструкцією до лабораторної роботи;
- пригадати /або вивчити/ будову, принцип дії, правила користування приладами, які використовуються в роботі;
- обдумати відповіді на контрольні запитання;
- систематизувати й узагальнити отриману інформацію;
- зробити необхідні записи і зарисовки в робочому зошиті для лабораторних занять.

- Під час виконання лабораторної роботи необхідно проробити самостійно всі досліди, передбачені інструкцією, консультуючись, у разі потреби, із викладачем або лаборантом. При цьому слід пам'ятати, що мистецтво експериментування не є природним даром, воно виробляється практичним тренуванням. Щоб добре оволодіти фізичним експериментом, потрібні багаторазові й тривалі вправи в його

проведенні. Відомий учений О. Ейхенвальд із метою відпрацювання техніки проведення дослідів приїжджав на лекцію з теоретичної фізики за дві години до її початку. Усі досліди проробляв сам. Причому не стільки з'ясовував те, чи получаются досліди /у їх надійності сумнівів не було/ скільки дбав про забезпечення доброї видимості і естетичної привабливості: виразність та переконливість дослідів, охайність приладів, розміщення викладача і його рух, доречність дослідів тощо.

- Щоб демонстраційні досліди ефективно виконували свої функції у навчанні, майбутній учитель повинен добре засвоїти основні вимоги щодо демонстраційного експерименту, а саме:

- ❖ підготовленість учнів до сприймання досліду;
- ❖ змістовність демонстраційного експерименту;
- ❖ наочність дослідів;
- ❖ їх простота;
- ❖ надійність;
- ❖ добра видимість;
- ❖ переконливість;
- ❖ естетичність;
- ❖ емоційність;
- ❖ короткочасність;
- ❖ додержання правил техніки безпеки.

- Будь-який дослід викликає мимовільну увагу учнів, але вона не стійка. Поставивши мету досліду, вчитель переводить її довільну, викликає інтерес, мобілізує увагу на основному, готує учнів до сприймання досліду. Учні повинні розуміти, для чого проводиться дослід, у чому вони мають переконатися, що зрозуміти в результаті досліду. Демонстрування дослідів без зазначення їхньої мети не ефективно.

- Необхідно наголосити, що дослід тільки тоді ефективний, коли його результат добре бачать усі учні. Намагання ж переконати учнів у тому, що в досліді, який не вдався, все-таки дещо вийшло, підриває авторитет учителя, порушує нормальний хід уроку. Коли трапилася невдача з демонстрацією, потрібно пояснити, причину невдачі і продемонструвати дослід повторно. А щоб уникнути цього, демонстрацію слід ретельно готувати багаторазовою попередньою перевіркою, з'ясуйте оптимальні умови, за яких вона вдається найкраще.

- Щоб не забути тонкощів, від яких залежить успіх тих чи інших демонстрацій, необхідно фіксувати в робочому зошиті для лабораторних занять їхні секрети. Це значно скоротить час, необхідний учителю в майбутньому для повторної підготовки демонстраційного експерименту.

- Інтереси майбутньої професійної діяльності студентів вимагають, щоб на заняттях із методики й техніки шкільного фізичного

експерименту вони набули вмінь і навичок у виконанні й оформленні шкільних фронтальних лабораторних робіт і робіт фізичного практикуму. Суттєвим засобом формування таких умінь і навичок у залученні студентів до активної діяльності з виконання завдань, характерних для практичної роботи педагога. Природно, що під час виконання шкільних фронтальних лабораторних робіт і робіт фізичного практикуму необхідно дотримуватися тих вимог, які пред'являються в школі до цих видів фізичного експерименту.

- Важливою методичною вимогою є оволодіння експериментальним методом, що реалізується в лабораторній установці. Не менш важливо знати конструкцію і правила користування приладами, які добираються відповідно до методу дослідження, вміти скласти установку. Під час вимірювань потрібно вміти правильно робити відлік значень вимірюваних величин за показами приладів, оцінювати реальність здобутих результатів. Треба враховувати обґрунтованість висновків, охайність і грамотність оформлення роботи.

- Письмове оформлення виконаної фронтальної лабораторної роботи та роботи фізичного практикуму повинно містити:

- назву й мету роботи;
- перелік обладнання, використаного в роботі;
- схематичний малюнок установки або схеми електричного кола;
- виведення розрахункової формули;
- звітну таблицю з результатами вимірювань і обчислень;
- графік (якщо такий передбачається завданням роботи);
- обчислення досліджуваних величин;
- записи необхідних пояснень;
- висновки з досліджень.

- Не останнє місце в підготовці майбутнього вчителя займають питання культури ведення записів у робочому зошиті та культури оформлення роботи. Записи слід вести охайно і грамотно, без перекреслень і виправлень. Малюнки й таблиці мають бути виконані за допомогою креслярських інструментів олівцем або пастою.

- При виконанні робіт необхідно бути гранично акуратним і обережним, строго дотримуватись правил техніки безпеки. Після закінчення лабораторної роботи слід упорядкувати робоче місце.

- Захист лабораторної роботи передбачає: з'ясування рівня володіння теоретичним матеріалом, уміннями й навичками здійснювати вимірювання; розуміння методики й техніки фізичного експерименту, знання програми та шкільних підручників. Враховується акуратність і повнота опрацювання результатів спостережень та вимірювань, додержання вимог щодо оформлення лабораторних робіт, знання літератури з фізичного експерименту. Важливим професійним елементом відповіді студента є вміння супроводжувати демонстрування дослідів змістовними, чіткими, лаконічними й вичерпними поясненнями на рівні, доступному для учнів відповідного класу. Досвід показав, що суттєвими у підвищенні ефективності самостійної роботи студентів з лабораторного практикуму є орієнтація їх на типові обладнання фізичного кабінету школи і раціоналізація процесу самопідготовки до занять. Тому-то підбір завдань до лабораторних занять здійснювався з урахуванням технічної забезпеченості кабінетів фізики приладами, що випускаються чи випускалися промисловістю.

Лабораторна робота № 1

Шкільні електровимірювальні прилади

Мета: вивчити будову і дію електровимірювальних приладів. Навчитися користуватися шкільними вимірювальними приладами при постановці навчального експерименту.

Завдання I. Повторити необхідний навчальний матеріал за шкільними та вузівськими підручниками.

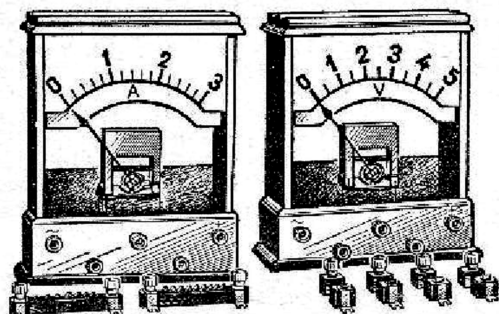
Завдання II. Ознайомитися з будовою й дією електровимірювальних приладів, набути практичних умінь та навичок при їх використанні:

1. Демонстраційні амперметри й вольтметри

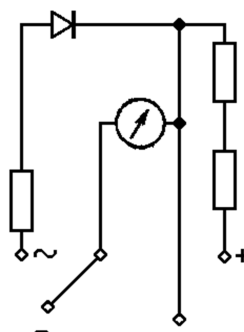
Мета: вивчити будову й принцип роботи демонстраційного амперметра і вольтметра.

Опис приладів

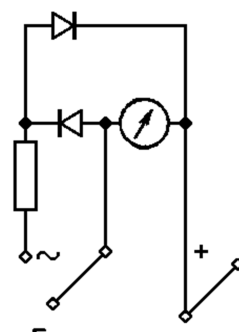
Демонстраційні амперметр і вольтметр (*мал. 1*) є універсальними вимірювальними приладами. Вмонтовані в прилади випрямлячі (вимірювальні механізми приладів магнітоелектричної системи можна використовувати тільки в колах постійного струму) дають можливість виконувати вимірювання і в колах змінного струму. Електричну схему амперметра показано на *мал. 2*, а вольтметра – на *мал. 3*.



Мал. 1



Мал. 2



Мал. 3

Два шунти, які додаються до амперметра, дають змогу користуватися приладом як амперметром постійного і змінного струмів із межами вимірювання $0-3$ і $0-10$ А. При виконанні значної кількості дослідів для вибору потрібної чутливості амперметра зручно користуватися реостатом-шунтом. При потребі його можна відповідно проградуювати.

Змінні додаткові опори, що додаються до вольтметра, дають можливість користуватися ним як вольтметром постійного струму з межами вимірювань $0-5$ і $0-15$ В і змінного струму з межами вимірювань $0-15$ і $0-250$ В.

Похибка приладів не перевищує $\pm 4\%$ верхньої межі вимірювання в колах постійного струму і $\pm 5\%$ у колах змінного струму. У задній стінці приладів умонтовано комірки для зберігання шунтів і додаткових опорів. Придбавши прилади, пронумеруйте їх шунти та додаткові опори і з даним приладом завжди їх використовуйте. Також на задню стінку виведено ручку коректора вимірювального механізму, за допомогою якої можна встановлюють стрілку приладу в початкове положення.

Якщо амперметр використовують у колах постійного струму, то шунт на 3 А або 10 А , залежно від значення вимірюваної сили струму, приєднують до верхньої правої клеми, позначеної знаком $<+\>$, і до середньої клеми, яка є спільною для кіл постійного й змінного струмів. До клем на шунті приєднують провідники вимірюваного кола, дотримуючись полярності вмикання. Відповідно до вибраного шунта у передній паз, що міститься у верхній частині приладу, вставляють шкалу на 3 або 10 А .

Використовуючи прилад у колах змінного струму, шунти приєднують до середньої і лівої клеми, яку позначено знаком $<\sim>$. При цьому використовують відповідні шкали, які для змінного струму нерівномірні. Оскільки випрямляч нерівномірну характеристику, то початок робочої частини шкали показано точкою.

Демонстраційний вольтметр також можна використовувати у колах постійного й змінного струмів. Для цього є відповідні шкали і додаткові опори, які до вольтметра підганяють індивідуально, тому їх слід використовувати з тим приладом, до якого вони виготовлені. Додаткові опори для постійного струму приєднують до правої верхньої клеми, а для змінного – до лівої. Провідники електричного кола приєднують до додаткового опору і до центральної клеми.

При використанні приладів як гальванометрів вимірювану величину подають до клем „гальванометр” (дві нижні клеми). Слід мати на увазі, що гальванометр амперметра має великий опір (порядку кількох сотень омів), а гальванометр вольтметра – малий (порядку кількох омів).

Реостат-шунт приєднують до верхніх клем залежно від роду вимірюваного струму (постійного чи змінного).

Порядок ознайомлення з приладами:

1. Перевірте комплектність демонстраційного амперметра (наявність змінних шкал і шунтів).

2. Простежте внутрішнє електричне коло демонстраційного амперметра при використанні його в колах постійного, змінного струму і як гальванометра (для цього скористайтесь примірником розкритого демонстраційного амперметра).

3. Перевірте комплектність демонстраційного вольтметра (наявність змінних шкал і додаткових опорів).

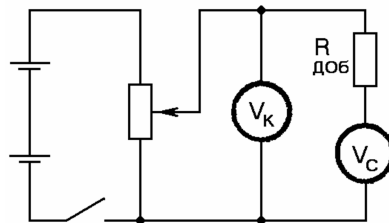
4. Простежте внутрішнє електричне коло демонстраційного вольтметра при використанні його в колах постійного, змінного струму і як гальванометра (для цього скористайтеся примірником розкритого демонстраційного вольтметра).

2. Розширення меж вимірювання амперметра й вольтметра

Мета: розрахувати шунт до амперметра і додатковий опір до вольтметра.

а) Розширення меж вимірювання вольтметра

Обладнання: вольтметр демонстраційний; вольтметр контрольний, омметр, джерело постійного струму, реостат повзунковий, вимикач, магазин опорів, комплект з'єднувальних провідників.



Мал. 4

В лабораторній практиці часто зустрічається необхідність розширити межі вимірювання електровимірювального приладу. Ця задача вирішується підключенням до приладу додаткового опору. При вмиканні вольтметра в коло з напругою, що перевищує напругу, на який він розрахований, послідовно з вольтметром включають відповідний додатковий опір.

У роботі потрібно розрахувати цей додатковий опір до вольтметра так, щоб одержати прилад, яким можна було б вимірювати напругу в заданих межах. Резистор опором $R_{доб}$ приєднують до приладу послідовно, тому сила струму в них однакова. Напруга, яку вимірюють U , дорівнює сумі напруги на вольтметрі і додатковому резисторі:

$$U = IR_0 + IR_{\text{доб}}, \text{ звідси } R_{\text{доб}} = \frac{U - IR_0}{I}, \quad (1)$$

де I – гранична сила струму для вольтметра, яка розраховується за формулою $I = \frac{U_0}{R_0}$ (межа вимірювання вольтметра U_0 визначається за шкалою приладу); R_0 – внутрішній опір приладу (вимірюється омметром); U – напруга межі, яка задається.

Порядок виконання роботи:

1. Підготуйте в зошиті таблицю для запису результатів вимірювань і обчислень.

	$R_в$	$U_в$	I	U	$R_{дод}$	$U_к$	U_c	ΔU
1								
2								
3								

2. За допомогою омметра виміряйте внутрішній опір $R_в$ вольтметра; за шкалою визначте $U_в$ і розрахуйте гранично допустиму для нього силу струму I .

3. Виберіть, межу вимірювальної напруги U і розрахуйте опір додаткового резистора $R_{дод}$ за формулою (1).

4. З наявних резисторів виберіть необхідний і перевірте його опір омметром. Приєднайте цей резистор до вольтметра і визначите ціну поділки зібраного в такий спосіб вольтметра.

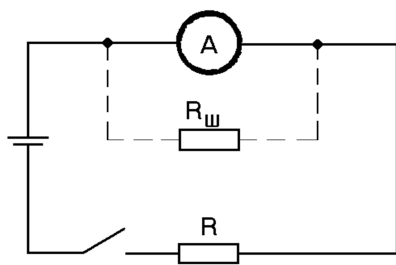
5. Зберіть коло за схемою, показаною на мал. 4. Воно складається з джерела струму, потенціометра, контрольного вольтметра $V_к$, вимикача і зібраного вами вольтметра V_c .

6. Замкніть коло і порівняйте показники зібраного вами вольтметра з контрольним. Потім змінюючи напругу в колі, запишіть у таблицю покази $U_к$ контрольного, покази U_c зібраного вольтметра, а також поправку ΔU , яка дорівнює різниці $U_к - U_c$.

б) Розширення меж вимірювання амперметра

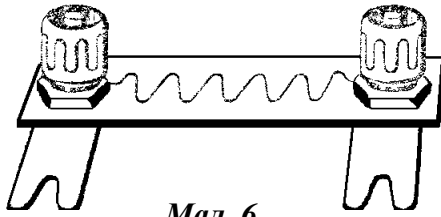
Обладнання: амперметр демонстраційний, амперметр магнітоелектричної системи, джерело постійного струму, реостат повзунковий, мікрометр, лінійка вимірювальна з міліметровими поділками, вимикач, емальована мідна дротина, комплект з'єднувальних провідників.

Силу електричного струму вимірюють за допомогою амперметра (міліамперметра, мікроамперметра), який включають у коло *послідовно* з резистором опором R (мал. 5). Опір амперметра повинен бути в багато разів менший опору електричного кола. Для розширення меж вимірювання, до амперметра підключають шунт $R_{ш}$, показаний на малюнку пунктиром. Шунт, являє собою дротяний резистор, який



Мал. 5

вмикають **паралельно** приладу. При цьому сила струму $I_{\text{вим}}$ дорівнює сумі сил струмів, що проходять через шунт $R_{\text{ш}}$ і прилад



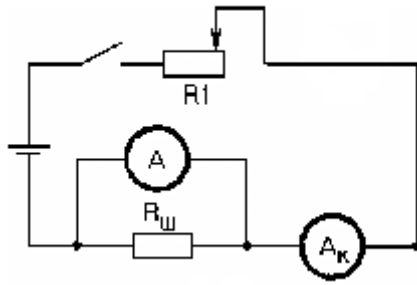
Мал. 6

$$I_{\text{вим}} = I_{\text{ш}} + I_{\text{п}}$$

Згідно закону Ома для ділянки кола $R_{\text{ш}} = \frac{U}{I_{\text{ш}}}$. Враховуючи, що $I_{\text{ш}} = I_{\text{вим}} - I_{\text{п}}$ і

$U = I_{\text{п}} R_{\text{п}}$, де $R_{\text{п}}$ – опір приладу, одержимо:

$$R_{\text{ш}} = \frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{вим}} - I_{\text{п}}} \cdot R_{\text{п}}$$



Мал. 7

Опір $R_{\text{п}}$ визначають за допомогою омметра, $I_{\text{п}}$ – по шкалі приладу, як граничну силу струму, а $I_{\text{вим}}$ – задана межа сили струму.

Порядок виконання роботи:

1. Підготуйте в зошиті таблицю.

	$I_{\text{к}}, \text{A}$	$R, \text{Ом}$	$I_{\text{п}}, \text{A}$	$d, \text{мм}$	$l, \text{м}$	$I_{\text{к}}, \text{A}$	$I_{\text{п}}, \text{A}$	$\Delta I, \text{A}$
1								
2								
3								

2. Виміряйте опір $R_{\text{п}}$ амперметра демонстраційного і по його шкалі визначте гранично допустиме для нього значення сили струму $I_{\text{п}}$.

3. Припустимо, що даний прилад повинен вимірювати граничну силу струму $I_{\text{вим}} = 1 \text{ A}$. Розрахуйте по вказаній раніше формулі опір шунта для цього випадку.

4. Виміряйте за допомогою мікрометра діаметр d мідної дротини, знайдіть по таблиці питомий опір ρ (для міді $\rho = 0,017 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$) цього матеріалу і розрахуйте довжину l дроту для шунта за формулою:

$$l = \frac{\pi d^2 R_{\text{ш}}}{4\rho}$$

5. Відміряйте за допомогою лінійки відрізок дроту більший обчисленого на 2-3 см і відріжте його кусачками. Потім старанно зачистіть кінці дроту, зробіть петлі і підведіть їх під затискачі колодки так, щоб відстань між петлями точно відповідала розрахованій довжині шунта (мал. 6).

6. Підключіть виготовлений шунт до приладу, визначте ціну поділки підготовленого таким способом амперметра і зберіть коло за

схемою, показаною на *мал. 7*, із контрольним A_k і підготовленим A приладами. Необхідно, щоб реостат R на 6 Ом був повністю включений у коло.

7. Замкніть коло і реостатом R встановіть у колі силу струму 1 А на контрольному амперметрі. Потім за допомогою реостата R змінійте силу струму в колі від мінімального значення до 1 А , записуючи покази обох приладів у таблицю.

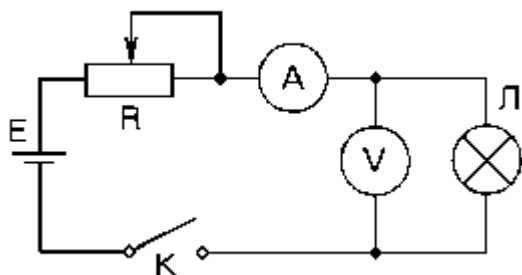
8. Обчисліть поправку, яка дорівнює абсолютному значенню середньої різниці показів двох (A і A_k) амперметрів.

9. Результати вимірювань і обчислень занесіть до таблиці, зразки яких подано вище. Роботу виконати, дотримуючись методичних вимог щодо оформлення письмового звіту робіт фізичного практикуму.

3. Визначення потужності споживаної електричною лампою та опору її спіралі у робочому стані

Мета: виміряти споживану електричною лампою потужність та опір її спіралі у робочому стані.

Обладнання: демонстраційний вольтметр, демонстраційний амперметр; омметр, джерело постійного струму, автомобільна електрична лампочка на 12 В , реостат повзунковий, вимикач, комплект з'єднувальних провідників.



Мал. 8

Порядок виконання роботи:

Скласти електричне коло за схемою (*мал. 8*), де: A – демонстраційний амперметр з шунтом на 3 А , ввімкнений для вимірювань у колах постійного струму; V – демонстраційний вольтметр із додатковим опором на 15 В , ввімкненим для вимірювання постійної напруги; L – автомобільна електрична лампочка на 12 В ; E – джерело постійного струму; R – реостат на $8\text{--}10\text{ Ом}$; K – вимикач.

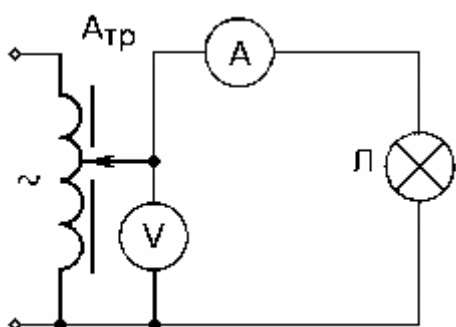
Потрібно встановити певну напругу і виміряти силу струму в колі. За здобутими даними обчислити значення споживаної потужності лампою, опір її спіралі, абсолютну і відносну похибку знайдених результатів.

4. Використання демонстраційних амперметра й вольтметра в колі змінного струму

Мета: визначити, у скільки разів змінюється опір спіралі автомобільної лампи розжарення внаслідок її нагрівання струмом при підвищенні напруги від 0 до 12 В (або до нормальної робочої напруги).

Обладнання: демонстраційний вольтметр, демонстраційний амперметр, автомобільна електрична лампа на 12 В , випрямляч ВС-24, вимикач, комплект з'єднувальних провідників.

Порядок виконання роботи:



Мал. 9

Складіть електричне коло за схемою, поданою на **мал. 9**, де: A – демонстраційний амперметр з шунтом на 3 А , ввімкненим для вимірювань у колах змінного струму; V – демонстраційний вольтметр з додатковим опором на 15 В , ввімкненим для вимірювання змінної напруги; L – електрична лампа на 12 В (або інша великої потужності); $A_{тр}$ – автотрансформатор від випрямляча ВС-24 із якого знімають

змінний струм. Визначте опір спіралі при напрузі $5, 10$ і 12 В . Встановіть, у скільки разів збільшився опір спіралі лампи при її нагріванні.

5. Виявлення за допомогою гальванометрів струму від термоелемента та фотоелемента

Мета: використання демонстраційних амперметрів і вольтметрів як гальванометра.

Обладнання: демонстраційний вольтметр, демонстраційний амперметр, фотоелемент, термостовпчик, джерело світла, вимикач, комплект з'єднувальних провідників.

Порядок виконання роботи:

1. Підготуйте демонстраційні амперметр і вольтметр для роботи в режимі гальванометра.

2. Використовуючи гальванометр від демонстраційного амперметра, знайдіть:

а) термострум від термостовпчика, що нагрівається лампою (або іншим джерелом тепла);

б) фотострум від фотоелемента, що освітлюється лампою чи іншим джерелом світла.

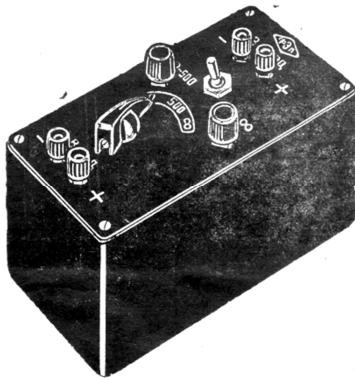
3. Повторіть досліди, вказані в пунктах а), б), використовуючи демонстраційний вольтметр у режимі гальванометра.

6. Підсилювачі до гальванометра від демонстраційного амперметра

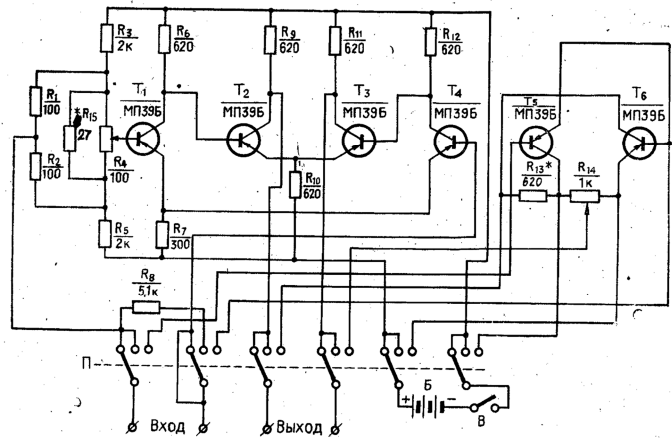
Мета: навчитись збільшувати чутливість гальванометра-амперметра за допомогою простого підсилювача на транзисторах.

Порядок виконання роботи:

Для ефективної постановки ряду демонстраційних дослідів іноді виникає потреба підвищити у $10-50$ разів чутливість гальванометра від



a



б

Мал. 10

амперметра. З цією метою промисловістю випускався підсилювач конструкції М.І. Грінбаума на дев'яти транзисторах *мал. 10 а*, схема якого показана на *мал. 10 б*. Живлення підсилювача здійснюється від батареї 3336 або від іншого джерела постійного струму на $4-5\text{ В}$.

Щоб показати дослід із підсилювачем, наприклад, виникнення фото електрорушійної сили при освітленні $p-n$ - переходу діода, приєднуємо діод із прозорим корпусом на вхід підсилювача. За допомогою змінного резистора R_3 при затемненому діоді встановлюємо стрілку гальванометра на нуль.

Освітивши діод, спостерігаємо, як виникає фото електрорушійна сила при освітленні $p-n$ - переходу. Чим сильніше освітлено $p-n$ - перехід, тим на більший кут відхиляється стрілка гальванометра.

Підсилювач можна використати для дослідів на встановлення типу провідності напівпровідникових матеріалів, при демонструванні ефекту Холла в напівпровідниках тощо.

Порядок ознайомлення з приладом

1. Ознайомтеся за принциповою схемою з монтажем і органами управління підсилювача (для цього скористайтесь зразком відкритого підсилювача постійного струму).

2. Покажіть, що для деяких експериментів чутливість гальванометра від демонстраційного амперметра недостатня. Наприклад, виявлення індукційного струму в дротяній рамці при її русі в магнітному полі Землі або виявлення фотоструму від фотоелементів із зовнішнім фотоефектом без джерела напруги між катодом і анодом.

3. Покажіть, що використовуючи гальванометр від демонстраційного амперметра разом із підсилювачем постійного струму, у цих же дослідах можна знайти струм.

Проведіть ці досліди, використовуючи обидві конструкції підсилювачів постійного струму.

7. Демонстраційний гальванометр М-1032

Мета: ознайомитись з будовою та принципом роботи гальванометра.

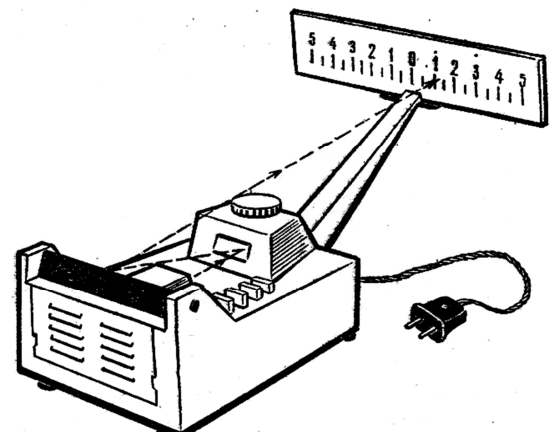
Гальванометр демонстраційний М-1032 (із світловим показчиком) (мал. 11) являє собою магнітоелектричний прилад із рухливою частиною на розтяжках. Прилад призначений для вимірювання малих сил струмів і напруги у колах постійного струму. Параметри приладу:

1. Ціна поділки за струмом – $5 \cdot 10^{-7} \text{ A/под.}$
2. Ціна поділки за напругою – $4 \cdot 10^{-5} \text{ B/под.}$
3. Внутрішній опір (R_c) – 30 Ом.
4. Зовнішній критичний опір (R_c) – 100 Ом.

Висока чутливість приладу досягається застосуванням світлового показчика.

Промінь світла, пройшовши від лампи освітлювача через зашкленний отвір і об'єктив, потрапляє на дзеркало рухомої частини. Промінь від дзеркала та рухомої частини відбивається двічі і, пройшовши через об'єктив, потрапляє через зовнішнє дзеркало на шкалу і проектує нитку лампи освітлювача у вигляді вузької світлової смужки – світлового показчика.

Хід світлового променя зображений на мал. 11 пунктирною лінією. Зовнішнє дзеркало може повертатися навколо своєї осі. Це забезпечує



Мал. 11

регулювання положення світлового показчика на шкалі у вертикальному напрямку.

Шкала розміщується на кронштейні і може бути повернута до спостерігача будь-якою з двох її сторін. У верхній частині розміщений коректор, що дозволяє при круговому обертанні встановлювати світловий показчик на нульову поділку шкали.

Конструкція освітлювача забезпечує поздовжнє, поперечне переміщення та обертання лампи для регулювання розмірів і яскравості світлового показчика.

На горизонтальній поверхні корпусу розташований перемикач регулятора чутливості з позначенням « $\times 1$ », « $\times 10$ », « $\times 100$ » і «*App*». Регулятор чутливості складається з комбінації шунтів, додаткових опорів і перемикача. Встановлення перемикача в положення « $\times 1$ » забезпечує роботу гальванометра при найвищій чутливості. При встановленні перемикача в положення «*App*» рамка рухливої частини гальванометра закорочується (аретується).

В освітлювачі використовується лампа *СМ13-10*. Живлення лампи відбувається від мережі змінного струму напругою 127 В і 220 В через умонтований трансформатор. Завод випускає прилад для живлення від мережі з напругою 220 В .

Порядок ознайомлення з приладом

Ознайомтеся на приладі з будовою, технічними характеристиками гальванометра (для цього скористайтеся примірником розкритого приладу).

Підготовка приладу до роботи

Включіть вилку освітлювача в мережу з напругою 220 В . Розаретуйте гальванометр, встановивши перемикач у положення « $\times 100$ ». Установіть світловий показчик на шкалі таким чином, щоб його верхній край був розташований на нульовій поділці.

Виявіть виникнення *ЕРС* індукції при русі лінійного провідника в магнітному полі постійного магніту.

8. Ознайомлення із застосуванням приладу в ролі індикатора та термометра

Термопара та спеціальна температурна шкала до гальванометра не додаються. Можна скористатися термопарою з лабораторного набору, що випускається промисловістю, або виготовити самим у шкільній майстерні.

Термопару роблять із двох дротин – константанового (від старого реостата) і залізного, попередньо відпаленого. Діаметр дротин дорівнює приблизно $0,3\text{ мм}$, а довжина – біля 150 мм . Їх кінці спочатку

скручують, а потім для надійності контакту зварюють в електричній дуговій лампі. Вільні кінці - закріплюють на ізольованій колодці з двома затискачами.

Гальванометр, з'єднаний з такою термопарою, є дуже чутливим індикатором, який реєструє незначні зміни температури, і його можна використати ряді дослідів.

Для виготовлення температурної шкали вирізують із щільного паперу смужку розміром 300×80 мм. Один її край загинають і надівають на шкалу гальванометра в якості підкладки майбутньої шкали термометра.

Для градуювання шкали ставлять перемикач чутливості в положення "x10" і до його затискачів приєднують термопару через додатковий дротяний змінний резистор опором 30 Ом , як показано на схемі (мал. 12). Потім спаї термопари занурюють у суміш льоду і води поруч із рідинним термометром. Коли останній покаже 0°C , коректором встановлюють світловий покажчик гальванометра на лівий край підкладки і роблять олівцем нульову відмітку.

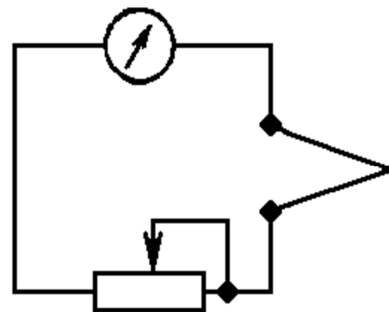
Після того термопару й термометр поміщають у кип'ячу воду і, коли термометр покаже 100°C , плавно зменшують опір резистора так, щоб світловий покажчик перемістився на правий кінець підкладки, де роблять другу відмітку. Розділивши отриману ділянку на 20 рівних частин, гальванометр стає електричним термометром, що забезпечує вимірювання температури в інтервалі $0-100^\circ\text{C}$ з ціною поділки 5°C . Якщо переключити регулятор чутливості гальванометра в положення "x1", де вся шкала буде дорівнювати 10°C з ціною поділки $0,5^\circ\text{C}$. Очевидно, що під час градуювання можна змінним резистором підібрати такий опір, при якому вся шкала буде дорівнювати 40°C з ціною поділки 2°C .

9. Вимірювання температури електричним термометром

Мета: виготовити термопару, проградувати шкалу гальванометра і виміряти температуру.

Обладнання: гальванометр демонстраційний М1032 із термопарою; термометр демонстраційний рідинний; дві склянки з водою (холодною і підігрітою).

Переключають регулятор чутливості гальванометра в положення "x1" (максимальна чутливість) і приєднують до його затискачів термопару з двох тонких дротів. На шкалі з нулем посередині коректором встановлюють покажчик гальванометра на нульову поділку. Прилад готовий як індикатор.



Мал. 12

Термопарою торкаються долоні руки і помічають відхилення стрілки вправо. На один момент опускають спай термопари в холодну воду і потім злегка розмахують термопарою в повітрі. Внаслідок випаровування води температура термопари знижується і стрілка швидко відхиляється вліво від нуля. У такий спосіб переконуються, що термопара з гальванометром являє собою дуже чутливий індикатор для виявлення незначної зміни температури.

За допомогою рідинного термометра визначають кімнатну температуру. Коректором установлюють показчик гальванометра на поділку шкали, яка їй відповідає. Установка готова для вимірювання температури.

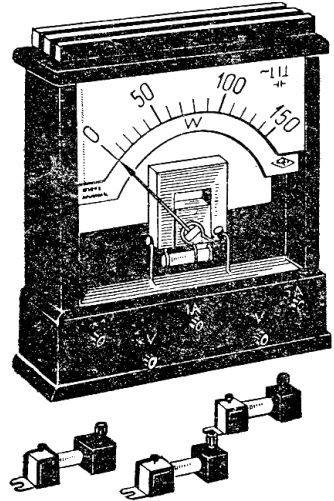
Ставлять обидва термометри в стакан із холодною водою і спостерігають за їхніми показами. Потім переносять термометри в теплу воду і знову проводять такі ж спостереження. Переконуються, що обидва прилади дають однакові покази; отже, термопарою з гальванометром можна вимірювати температуру так само, як і звичайним термометром. Звертають увагу учнів, що електричний термометр має меншу теплоємність і не вносить змін у саме середовище. Він значно швидше сприймає температуру навколишнього середовища.

10. Демонстраційний ватметр

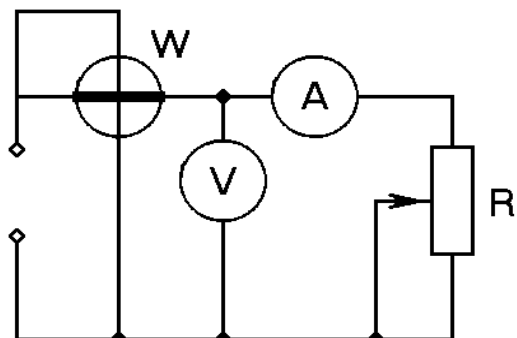
Мета: вивчити будову і принцип роботи демонстраційного ватметра.

Ватметр демонстраційний (*мал. 13*) призначений для вимірювання активної потужності в колах однофазного змінного струму промислової частоти. Прилад має вимірювальний механізм феродинамічної системи. За допомогою ватметра можна вимірювати активну потужність змінного струму з похибкою до 5%.

У передній частині основи приладу встановлено 5 клем. Верхні клеми використовують для приєднання приладу послідовно із споживачами струму, а нижні – паралельно споживачеві. За допомогою ватметра можна вимірювати потужності при силах струму до 1 А і 5 А . Додаткові опори до приладу дають можливість використовувати його при напрузі до 30 , 150 і 300 В . Звідси можна зробити висновок, що ватметр може мати такі верхні межі вимірювання потужності: 30 , 150 , 300 , 750 і 1500 Вт , для чого у комплекті приладу є відповідні змінні шкали. На задній стінці ватметра розміщена ручка коректора, за допомогою якої стрілку приладу встановлюють на нульову поділку шкали перед початком вимірювання.



Мал. 13



Мал. 14

Завдання III. Виконати лабораторну роботу, додержуючись методичних вимог, щодо оформлення її письмового звіту:

Потужність у колі змінного струму

Мета: виміряти потужність у колі однофазного змінного струму із активним і реактивним навантаженням.

а) Потужність у колі з активним навантаженням

Потужність у колах постійного струму можна визначити за силою струму й напругою, а також спеціальним вимірювальним приладом – ватметром. При цьому потужність, визначена за показами амперметра й вольтметра, дорівнює потужності, яку показує ватметр у цьому самому колі.

У колах змінного струму згадана рівність потужностей спостерігається при так званих активних навантаженнях, в яких підведена електрична енергія безповоротно перетворюється в інші види, наприклад, у теплову.

Щоб впевнитись у цьому, складіть електричне коло, навантаженням у якому є автомобільна лампа або реостат (мал. 14). До електричного кола входять: ватметр демонстраційний, увімкнений у коло через додатковий опір на 30 В і - клему 5 А ; демонстраційний амперметр із шунтом на 10 А ; демонстраційний вольтметр із додатковим опором на 15 В змінного струму (амперметр і вольтметр увімкнені для вимірювання змінного струму); реостат на $10\text{--}20\text{ Ом}$, 5 А .

Визначте споживану в колі потужність за показами амперметра й вольтметра та порівняйте її з показами ватметра. Ці покази практично будуть однаковими.

б) Потужність у колі з реактивним навантаженням

У розглянутій вище установці замість лампи чи реостата ввімкніть котушку на 12 В від універсального шкільного трансформатора з осердям. Виміряйте потужність за показами амперметра, вольтметра (це так звана повна потужність) і ватметра (активно споживана потужність). Ці потужності виявляються різними. У колі з індуктивним навантаженням (як і в колі з ємнісним навантаженням) спостерігаються зворотні перетворення електромагнітної енергії: за одну частину періоду змінного струму енергія перетворюється в енергію магнітного поля котушки із струмом (в енергію електричного поля конденсатора), а за іншу частину періоду ця енергія повертається назад у коло.

Оскільки в колі змінного струму з котушкою є й активний опір, то частина енергії перетворюється в теплоту (активне навантаження). Активну потужність показує ватметр. Поділивши активну потужність на повну, дізнайтесь, яка частина енергії використовується корисно. Це буде, так званий коефіцієнт потужності, який чисельно дорівнює косинусу зсуву фаз між силою струму й напругою в колі змінного струму.

Отже,

$$\cos\varphi = \frac{P_{\text{активн}}}{P_{\text{повн}}} = \frac{P_{\text{активн}}}{IU}.$$

Аналогічні досліди можна провести і з використанням демонстраційної батареї конденсаторів замість котушки із залізним осердям.

В усіх дослідах змінний струм беремо від випрямляча ВС-24, підбираючи потрібну для досліду напругу (до 15 В).

Лабораторна робота № 2

Випрямлячі шкільного типу

Мета: вивчити будову і дію випрямлячів шкільного типу. Набути практичних умінь і навичок при їх використанні.

Завдання I. Повторити необхідний навчальний матеріал за шкільними та вузівськими підручниками.

Завдання II. Ознайомившись із загальними вимогами до експлуатації напівпровідникових випрямлячів, вивчити їхню будову та технічні дані, навчитися користуватися ними при постановці навчального експерименту:

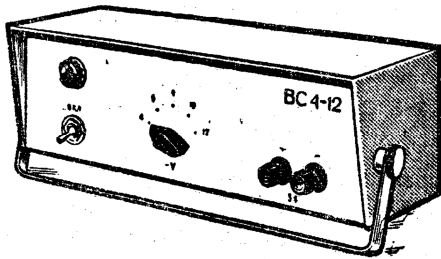
1. Селеновий випрямляч ВС-4-12

При постановці різних демонстрацій, лабораторних робіт та фізичного практикуму потрібна постійна напруга. Для цих цілей

промисловість випускає напівпровідникові випрямлячі, найбільш прості за своєю будовою та надійні при використанні.

Селеновий випрямляч ВС-4-12 (*мал. 1*) використовується для перетворення змінної напруги електромережі 127 В та 220 В з частотою 50 Гц у постійну пульсуючу напругу до 12 В при силі струму до 3 А .

Випрямляч складається з таких основних частин: металевого корпусу, в якому встановлений понижуючий трансформатор, селенових вентилів, щитка для запобіжників та колодки для приєднання електрошнура з вишкою.



Мал. 1

На передній панелі випрямляча змонтовано: ручка перемикача напруги, сигнальна лампа, тумблер вмикання приладу, клеми підключення навантаження. У випрямлячі використана однофазна місткова схема випрямлення змінного струму.

Наявність перемикача у вторинному колі трансформатора дозволяє отримати випрямлені напруги $4, 6, 8, 10, 12\text{ В}$.

2. Демонстрація дії електромагніта

Використайте випрямляч ВС-4-12 для демонстрації роботи розбірного електромагніта.

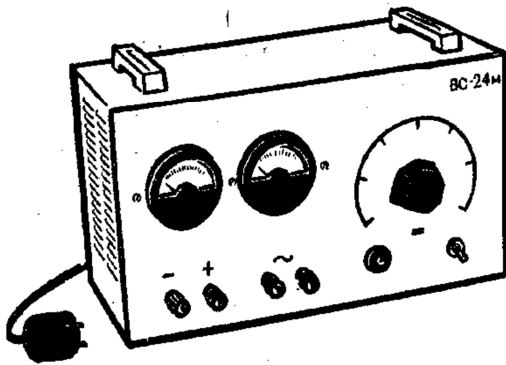
З'єднайте обидві котушки електромагніта послідовно та виміряйте авометром їх спільний опір. Знаючи опір навантаження, розрахуйте максимальну напругу, яку можна зняти з випрямляча, не перевищуючи номінальне значення сили струму (3 А).

З'єднайте кінці котушки з клемми випрямляча. Включіть випрямляч у мережу та покажіть магнітну дію електромагніта.

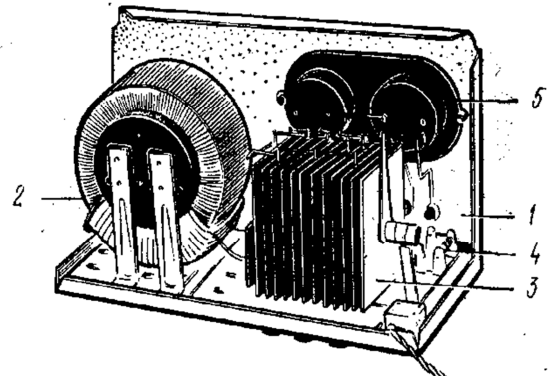
3. Селеновий випрямляч ВС-24

Прилад використовується для роботи від мережі змінного струму 127 В та 220 В частотою 50 Гц . Споживана потужність випрямляча при максимальному навантаженні вторинного кола складає 450 Вт . Випрямляч (*мал. 2*) складається з шасі 1, на якому встановлені понижуючий трансформатор 2 з тороїдальним сердечником, селенові вентиля 3, щиток для запобіжників 4. На вертикальній панелі 5 встановлені електровимірювальні прилади.

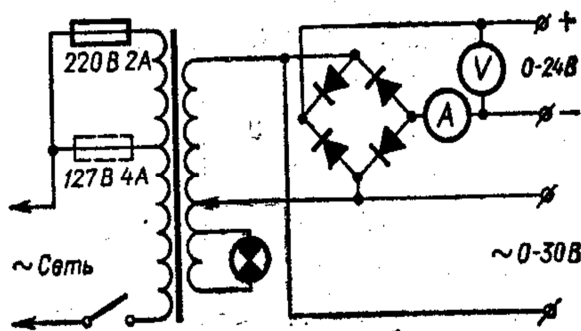
На передній панелі приладу розміщені: вольтметр та амперметр постійного струму, сигнальна лампа, ручка для плавної зміни напруги, дві пари універсальних клем для зняття випрямленої та змінної напруги.



Мал. 2



Мал. 3



Мал. 4

У приладі використовується місткова схема (мал. 4) для одержання двопівперіодного випрямлення.

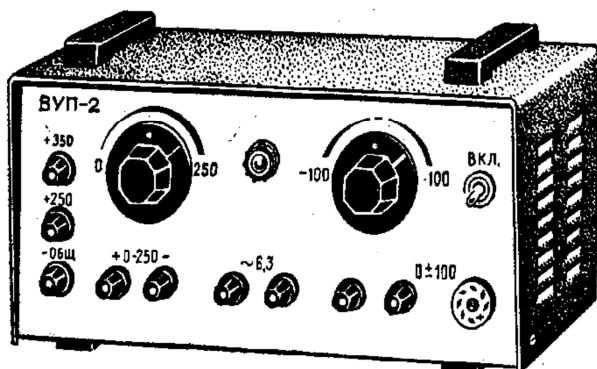
Перед початком роботи з приладом потрібно перевірити правильність установки запобіжника. Потрібно пам'ятати, що одночасно встановлюють тільки один запобіжник на 4 А для 127 В

або на 3 А для 220 В. Перед підключення до навантаження, ручку необхідно перемістити в нульове положення шкали. Величину знятої постійної напруги та струму показують вимірювальні прилади, вмонтовані до панелі випрямляча. Величина змінної напруги знаходиться по шкалі плавного регулятора.

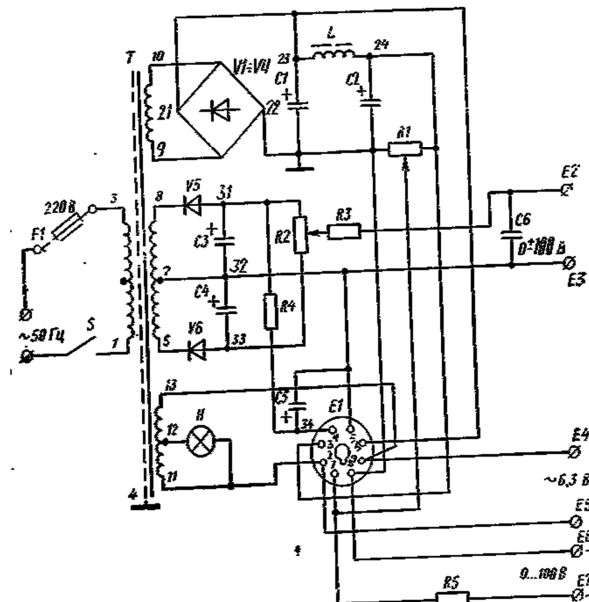
При одночасному підключенні до приладу навантажень постійної та змінної напруги сумарне значення сили струму не повинно перевищувати 10 А.

4. ВУП – випрямляч універсальний напівпровідниковий

Випрямляч (мал. 5), складається з таких основних частин: блоку живлення, випрямляча, фільтра із дроселя та електролітичних конденсаторів, щитка запобіжників, пульта керування, який знаходиться на передній панелі приладу.



Мал. 5



Мал. 6

Випрямляч розрахований на підключення до електромережі змінного струму напругою 127 В та 220 В , частотою 50 Гц .

Перед включенням випрямляча до мережі змінного струму необхідно:

1. Перевірити роботу запобіжників напруги мережі.
2. Підключити до вихідних клем випрямляча зібрану електричну схему або установку.
3. Заземлити корпус приладу.
4. Підключити випрямляч до мережі змінного струму.

Завдання III. Виконати лабораторну роботу, додержуючись методичних вимог, щодо оформлення її письмового звіту:

Вивчення вакуумного тріода

Мета: отримати характеристики тріода, подати ці характеристики у вигляді графіків та проаналізувати їх.

Обладнання: лампа 6Н23П (тріод) на панелі із затискачами, блок живлення ВУП, резистор змінний 1 кОм – 2 шт., ампервольтметр, вольтметр на $30\text{--}50\text{ В}$, вольтметр лабораторний на 6 В , комплект з'єднувальних провідників.

Теоретичні відомості

У трьохелектродній електронній лампі між катодом та анодом, ближче до катода, розміщують третій електрод – сітку. Якщо до анода прикладений позитивний потенціал, то електрони, які випускаються розжареним катодом, рухаються у напрямку анода, створюючи анодний струм. При постійній силі струму розжарення катода, сила анодного

струму лампи I_a залежить не тільки від анодної напруги U_a , але й від напруги U_c на сітці. Тому невеликими змінами напруги на сітці можна у широких межах змінювати силу анодного струму і навіть зовсім його припинити. Ця властивість тріода дозволяє використовувати його у різних радіотехнічних пристроях (підсилювачах, лампових генераторах).

Основними характеристиками тріода є його анодна та сітчаста характеристики.

Анодна характеристика показує залежність сили анодного струму I_a від анодної напруги U_a при постійній напрузі на сітці U_c .

У даній роботі потрібно одержати характеристики тріода, подати ці характеристики у вигляді графіків та проаналізувати їх.

Порядок виконання роботи:

1. Підготуйте у зошиті таблиці для запису результатів вимірювання та обчислень.

Таблиця 1

$U_c - const$														
U_a, B														
I_a, mA														

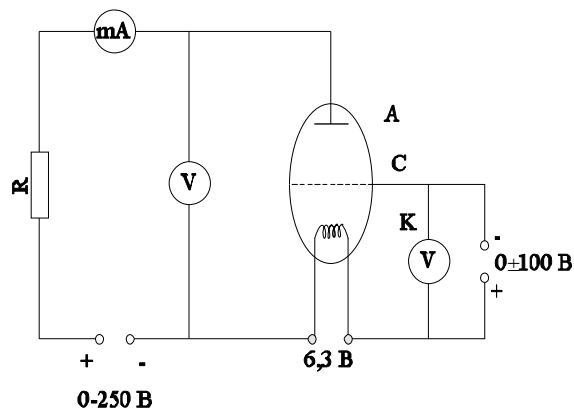
Таблиця 2

$U_a - const$											
U_c, B	-1,5	-1	-0,5	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	
I_a, mA											

2. За схемою, складіть електричне коло. Воно складається з трьох частин – розжарюваного, анодного та сітчастого.

Спочатку складіть коло розжарення. Для цього, затискачі розжарення на панелі лампи, з'єднайте з затискачами “~6,3 B” на блоці живлення. При виконанні роботи ця напруга залишиться незмінною.

Потім складіть анодне коло. Анодна напруга подається на лампу з потенціометра R_l . Підключіть потенціометр до затисків “100 B” виходу випрямляча блока живлення. Для вимірювання сили анодного струму підключіть у мережу міліамперметр, паралельно лампі – вольтметр.



Мал. 7

При складанні кола пам'ятайте, що джерела живлення та вимірювальні прилади у сітчастому та анодному колах повинні включатись з дотриманням їхньої полярності.

3. Зніміть анодну характеристику триода.

Увімкніть блок живлення та, зміщуючи повзунки потенціометрів, спостерігайте за змінами напруги на аноді та сітці лампи. Встановіть повзунки потенціометрів у положення, при яких напруги в анодному колі та - сітці лампи дорівнюють нулю.

Після 2-3 хв нагрівання лампи встановіть напругу на сітці лампи 0 В, і поступово збільшуйте анодну напругу від нуля до максимуму. Через кожні 10 В знімайте покази вольтметра та відповідні їм покази міліамперметра. Результати вимірів занесіть до таблиці.

Дослід слід повторити, зменшуючи напругу до нуля, та перевірте, чи співпадають покази приладів з попередніми даними.

4. Зніміть сіткову характеристику триода.

Переключіть міліамперметр на межу вимірювання 50 мА. Потенціометром R_1 встановіть певну анодну напругу, наприклад 100 В або 120 В та підтримуйте її постійною під час досліду. Змінюючи потенціометром R_2 сіткову напругу від 0 до 3 В поетапно по 0,5 В, слідкуйте за показами міліамперметра. Результати вимірів занести до таблиці 2.

Повторіть дослід, зменшуючи потенціал сітки до 0 В.

Змініть полярність напруги на сітці. Для цього на ламповій панелі замініть місцями провідники, які йдуть від потенціометра R_2 на сітку та катод. Перемикніть міліамперметр на межу вимірювання 5 мА. Потенціометром R_2 збільшуйте від'ємний потенціал сітки відносно катода від нуля до такого значення, при якому сила анодного струму стане рівною нулю (лампа закрита). Занесіть до таблиці два-три від'ємних значення напруги на сітці та відповідні їм значення сили анодного струму.

5. Закінчивши вимірювання, вимкніть блок живлення та за отриманими даними побудуйте анодну та сіткову характеристики триода, відкладаючи по осі ординат силу анодного струму в міліамперах,

а по осі абсцис – анодну або сіткову напруги у вольтах, вибравши відповідні масштаби.

6. Згідно з анодною характеристикою тріода знайдіть його внутрішній опір при напрузі 25 та 50 В.

7. Згідно із сітковою характеристикою тріода визначити зміни анодного струму при змінах напруги на сітці на 1 В (для двох–трьох ділянок характеристики).

Лабораторна робота № 3

Шкільні трансформатори та перетворювачі напруги

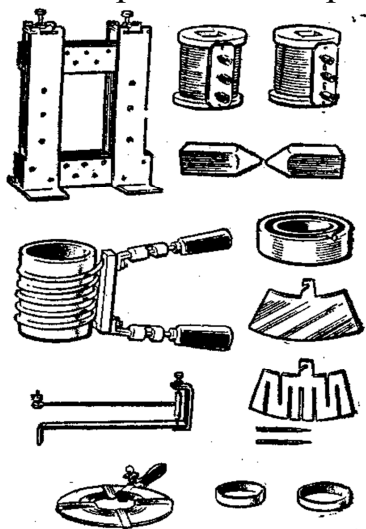
Мета: вивчити будову і дію трансформаторів та перетворювачів напруги.

Завдання I. Повторити необхідний матеріал за шкільними та вузівськими підручниками.

Завдання II. Ознайомитися з будовою, технічними даними й правилами експлуатації різних типів шкільних трансформаторів, навчитися користуватися ними при постановці навчального експерименту.

1. Трансформатор універсальний

У комплект трансформатора (*мал. 1*) входять: *U*-подібне осердя з якорем та приладами для закріплення якоря; дві котушки – на 220 та 120 В – або одна секційна котушка; котушка, яка розділена на дві частини, для напруги 12 та 6 В; два сталєвих наконечники конусоподібної форми; котушка з мідного товстого дроту, для демонстрації електрозварювання; маятник із двома пластинками; електроди; плоска котушка з низьковольтною лампою; мідне й алюмінієве кільце.



Мал. 1

Його основні технічні дані: потужність 60 Вт; струм при напрузі 120 В не більше 0,5 А, а при напрузі 220 В не більше 0,3 А.

2. Виконати досліди з універсальним трансформатором

а) Трансформація змінного струму

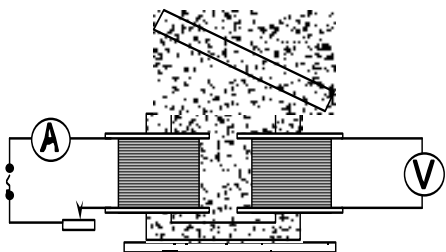
Обладнання: трансформатор, джерело змінного струму, вольтметр, моток ізолюваного дроту (або котушка, що використовується для демонстрування дії електрозварювального апарата).

Зберіть трансформатор, для цього, на U-подібне осердя надіньте котушки $120/220\text{ В}$ і $6/6\text{ В}$. Замкніть осердя ярмом, щільно притискаючи його спеціальними гвинтами.

Покажіть зниження напруги змінного струму. Підключіть первинну обмотку через ключ до мережі змінної напруги (120 В або 220 В). До цих же клем підключіть вольтметр. До клем вторинної котушки підключіть другий вольтметр, замкніть коло первинної котушки і покажіть, що з вторинної обмотки можна одержати перемінну напругу в 12 або 6 В .

б) Роль магнітопроводу в роботі трансформатора

Зберіть установку, показану на мал. 2. В залежності від напруги змінного струму підключіть первинну котушку до клем на 120 або 220 В . Вторинну обмотку на 12 В з'єднайте з вольтметром. Зніміть із трансформатора затискні гвинти. Включіть у первинну обмотку трансформатора і відзначте покази приладів для таких трьох випадків:



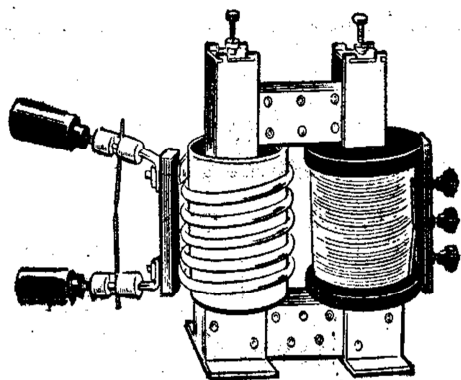
Мал. 2

1) ярмо замикає обидва полюси U-подібного осердя;

2) ярмо розташоване на одному полюсі осердя;

3) ярмо розташоване на деякій відстані від осердя.

в) Залежність сили струму в первинній і вторинній обмотках трансформатора від навантаження вторинної обмотки



Мал. 3

Зберіть установку відповідно до мал. 2. Спочатку виміряйте струм холостого ходу (при розімкнутій вторинній обмотці). Потім, переміщуючи, повзунок навантажувального реостата (30 Ом , 5 А), збільшуючи силу струму у вторинній обмотці для кожного положення повзунка,

запишіть покази амперметрів в обох колах.

г) Дія моделі електрозварювального апарата

Зберіть установку (мал. 3). У тримачах зварювальної котушки міцно закріпіть два зачищених цвяхи (діаметром 2 мм), повернених вістрями один до одного. Уключіть первинну обмотку в сітку змінного струму напругою (120 або 220 В) і стисніть ручки зварювальної котушки так, щоб кінці цвяхів доторкнулися один до одного.

3. РНШ – регулятор напруги шкільний

РНШ призначений для плавного регулювання напруги змінного струму частотою 50 Гц при проведенні демонстраційних дослідів.

РНШ дозволяє одержати регульовану напругу в таких межах:

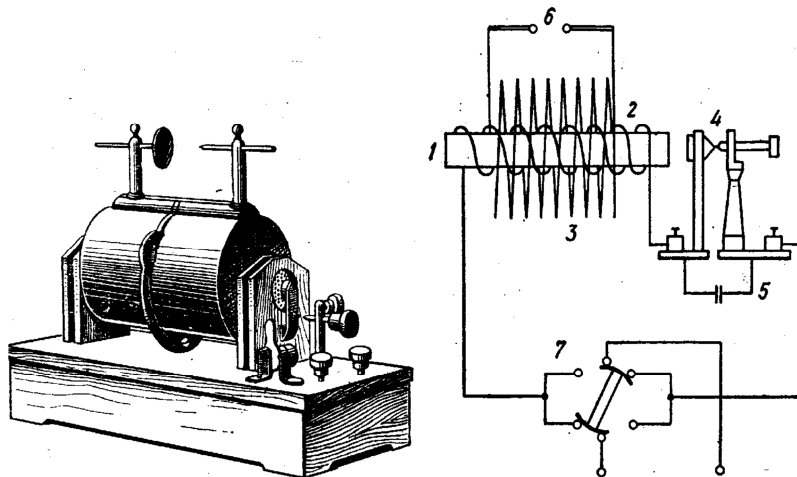
При вхідній (мережній) напрузі 120 В : а) регульована (вихідна) напруга до 220 В ; б) максимальний струм навантаження: при вихідній напрузі до 140 В – 8 А , при вихідній напрузі від 140 до 220 В – 6 А .

При вхідній (мережній) напрузі 220 В – регульована напруга до 240 В ; максимальний струм навантаження 9 А .

Регулятор напруги складається із металевої підставки, на якій закріплені: автотрансформатор, дві колодки для плавких запобіжників, панель із затискачами. На передній панелі кожуха встановлений вольтметр.

При напрузі 120 В треба встановлювати плавкий запобіжник на 20 А , а при напрузі 220 В – на 10 А .

При експлуатації регулятора напруги необхідно враховувати, що осердя і обмотка автотрансформатора сильно нагріваються. Тому при роботі в номінальному режимі протягом 45 хв. необхідно вимикати прилад не менше ніж на 15 хв.



Мал. 4

4. Високовольтний індуктор ІВ – 100

Індуктор високовольтний ІВ – 100 (мал. 4) є джерелом високої напруги для демонстрування електричного розряду в повітрі і розріджених газах. Прилад являє собою трансформатор із розімкнутим магнітним колом. Він складається зі сталюого осердя, первинної й вторинної обмоток.

Для створення змінного магнітного поля, як умови для індукції е. р. с. у вторинній обмотці, замикання й розмикання постійного струму в первинній обмотці здійснюється за допомогою молоточкового переривника.

Щоб зменшити інтенсивність іскри, яка утворюється при розриванні кола, і обгоряння контактів, паралельно молоточку і контактному гвинту вмикають конденсатор. Кінці вторинної обмотки з'єднані з гніздами, куди вставляють знімні колонки (борни), в отвори яких затискають стержні розрядника. За допомогою перемикача здійснюють вмикання приладу і зміну напрямку струму. Напряга живлення індуктора ІВ – 100 становить *10-12 В*.

Під час роботи індуктора слід дотримуватись таких правил:

1. Не доторкуватися руками до розрядника і приєднаних до нього провідників.
2. Не допускати приєднання до індуктора джерел живлення напругою більш як *10-12 В*.
3. Щоб запобігти можливому пробію ізоляції вторинної обмотки, не допускати встановлення іскрового проміжку більш як *100 мм*.
4. Не допускати нагрівання індуктора вище *40°C*.
5. Без потреби не розбирати прилад.

Ознайомлення з будовою й прийомами роботи приладу:

1. Ознайомтеся з будовою високовольтного індуктора.
2. Закріпіть у борнах розрядника індуктора так, щоб іскровий проміжок між ними не перевищував *100 мм*.
3. Клеми первинної обмотки з'єднайте з випрямлячем ВС – 4-12.
4. Перемикач індуктора поставте в положення ручкою вгору.
5. Увімкніть випрямляч у мережу живлення.
6. Поверніть перемикач первинної обмотки індуктора на *90°*.

Якщо при цьому прилад не працюватиме, слід відрегулювати переривник обертанням контактного регульовального гвинта. При нормальній роботі переривника іскріння на його контактах буде мінімальним, а розряд індуктора – сталий і безперервний. Після регулювання гвинт затискають бічним стяжним гвинтом.

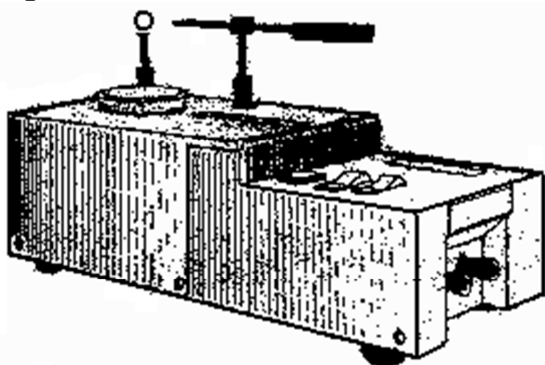
Простежте за характером іскрового розряду. Розряд буде правильний і стійкий, якщо диск розрядника є негативним полюсом, а вістря – позитивним. У цьому разі іскри б'ють у середину диска, а не блукають по його краях, перескакуючи з місця на місце.

Змінити полярність борнів індуктора можна повертанням ручки перемикача на *180°*.

5. Перетворювач високовольтний шкільний „Розряд-1”

Перетворювач високовольтний шкільний „Розряд-1” (*мал. 5*) є джерелом високої постійної напруги, призначений для використання в демонстраційних дослідах з електростатики та електродинаміки. Прилад перетворює постійну напругу від *0* до *12 В* в постійну напругу від *0* до *5 кВ* або від *0* до *25 кВ*. На верхній панелі перетворювача розміщено: клавішний вмикач живлення, дисковий і клавішний перемикачі меж

вихідної напруги 5 кВ і 25 кВ , клеми виходу 25 кВ , в які вставлені борни.



Мал. 5

Генератор складений за схемою несиметричного мультівібратора на транзисторах з індуктивним зворотним зв'язком. Призначення генератора – перетворення постійної напруги в змінну. Змінна висока напруга з вторинної обмотки трансформатора передається залежно від положення перемикача на

двопівперіодний або однопівперіодний випрямляч, складений за схемою подвоєння напруги. Для запобігання перевантаження перетворювача, у приладі передбачено коло електронного захисту. Параметри кола захисту вибрано так, що при подачі номінальної напруги живлення транзистор і діоди виявляються закритими. При підвищенні напруги живлення (більш як 12 В) транзистор і діод відкриваються, в результаті чого, з баз транзисторів знімаються від'ємні імпульси індукованої напруги і генерація припиняється.

Ознайомлення з будовою й прийомами роботи приладу:

1. Ознайомитись за схемою з основними блоками приладу.
2. Приєднати до перетворювача джерело живлення, дотримуючись полярності.
3. Регулятор вихідної напруги випрямляча поставити на нуль. Вихід високої напруги (5 кВ) приєднати до газорозрядної трубки. Увімкнувши живлення, показати, що, збільшуючи напругу живлення перетворювача, можна виявити збудження високої напруги за світінням газорозрядної трубки.
4. Встановити перемикач вихідної напруги на 25 кВ .
5. Розмістити кульки борнів на відстані $5\text{--}7\text{ мм}$ одну від одної.
6. Включивши прилади, підібрати напругу живлення перетворювача, при якій спостерігатиметься стійкий іскровий розряд.

Завдання III. Виконати лабораторну роботу, додержуючись методичних вимог, щодо оформлення її письмового звіту:

Вивчення будови й роботи трансформатора

Мета: ознайомитись з будовою трансформатора; визначити його коефіцієнт трансформації і ККД.

Обладнання: трансформатор розбірний шкільний з двома котушками на $220/120$ і $6/6$; випрямляч селеновий В-24, що має вивід регулюючої змінної напруги $8\text{--}24\text{ В}$; ампервольтметр; реостат повзунковий; вимикач; з'єднувальні провідники.

Теоретичні відомості

Електричний струм не мав би такого поширення, якби його не можна було перетворювати майже без втрат енергії.

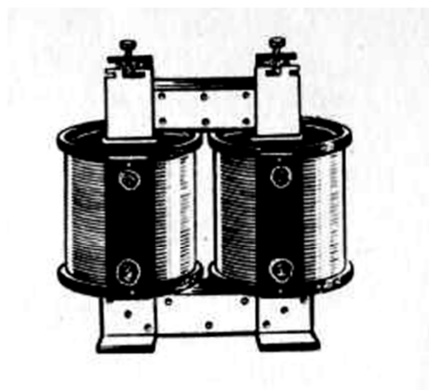
Призначення трансформатора. ЕРС потужних генераторів електростанцій звичайно досить велика. Тим часом практичне використання електроенергії вимагає здебільшого не дуже високих напруг.

Змінний струм можна перетворювати за допомогою *трансформаторів* так, щоб його напруга змінювалася у багато разів, практично без втрат енергії.

Уперше трансформатори використав у 1878 р. російський учений П. М. Яблочков для живлення винайдених ним «електричних свічок» — нового на той час джерела світла.

Будова трансформатора.

Трансформатор складається із замкнутого сталюого осердя, зібраного з пластин, на яке надіто дві (іноді й більше) котушки з дрітними обмотками (мал. 1). Одна з обмоток, яка називається *первинною*, під'єднується до джерела змінної напруги. Друга обмотка, до якої приєднують «навантаження», тобто прилади й пристрої, що споживають електроенергію, називається *вторинною*. Умовне позначення трансформатора подано на мал. 2.



Мал. 1



Мал. 2

Трансформатор на холостому ходу. Дія трансформатора ґрунтується на явищі електромагнітної індукції. Під час проходження змінного струму по первинній обмотці в осерді виникає змінний магнітний потік, який збуджує ЕРС індукції в кожній обмотці. Осердя з трансформаторної сталі концентрує магнітне поле, і магнітний потік існує практично тільки в самому осерді; він однаковий в усіх його перерізах.

Миттєве значення ЕРС індукції ϵ в будь-якому витку первинної чи вторинної обмотки однакове. Згідно із законом Фарадея воно визначається формулою

$$\epsilon = -\Phi' \quad (1)$$

де $-\Phi'$ -- похідна потоку магнітної індукції за часом. Якщо

$\Phi = \Phi_{\text{т}} \cos \omega t$, то

$$\Phi' = -\omega \Phi_m \cos \omega t \quad (2)$$

Отже,

$$e = \omega \Phi_m \sin \omega t \quad (3)$$

Або

$$e = e_m \sin \omega t \quad (3)$$

Де $e_m = \omega \Phi_m$ — амплітуда ЕРС в одному витку.

У первинній обмотці, що має N_1 витків, повна ЕРС індукції e_1 дорівнює $N_1 e_1$. У вторинній обмотці повна ЕРС e_2 дорівнює $N_2 e_2$. (N_2 — кількість витків цієї обмотки). Звідси випливає, що

$$|u_1| \approx |e_1| \quad (5)$$

Звичайно активний опір обмоток трансформатора малий, і ним можна знехтувати. У такому випадку модуль напруги на затискачах котушки приблизно дорівнює модулю ЕРС індукції:

Якщо коло вторинної обмотки трансформатора розімкнуте то струму в ній немає і

$$|u_2| \approx |e_2| \quad (6)$$

Оскільки миттєві значення ЕРС e_1 і e_2 змінюються синфазно (одночасно досягають максимуму й одночасно проходять через нуль), то їх відношення у формулі (.4) можна замінити відношенням діючих значень E_1 і E_2 цих ЕРС або, враховуючи рівняння (5) і (6),— відношенням діючих значень напруг U_1 і U_2 :

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = k \quad (7)$$

Величину K називають *коефіцієнтом трансформації*. Якщо $k > 1$, трансформатор знижувальний, а коли $k < 1$ — підвищувальний.

Робота навантаженого трансформатора. Якщо до кінців вторинної обмотки приєднати коло, яке споживає електроенергію, або, як кажуть, навантажити трансформатор, то сила струму у вторинній обмотці не дорівнюватиме нулю. Збуджений струм у ній створює в осерді свій змінний магнітний потік, який за правилом Ленца повинен зменшити зміни магнітного потоку в осерді.

Але зменшення амплітуди коливань результуючого магнітного потоку, в свою чергу, має зменшити ЕРС індукції у первинній обмотці. Проте це неможливо, бо згідно з (.5) $|U_1| \approx |e_1|$. Тому під час

замикання кола вторинної обмотки автоматично збільшується сила струму в первинній обмотці. Його амплітуда зростає так, щоб установилося попереднє значення амплітуди коливань результуючого магнітного потоку.

Сила струму в колі первинної обмотки збільшується відповідно до закону збереження енергії: передавання електроенергії в коло, приєднане до вторинної обмотки трансформатора, супроводжується забиранням такої самої кількості енергії від мережі в первинну обмотку. Потужність у первинному колі при навантаженні трансформатора, близькому до номінального, приблизно дорівнює потужності у вторинному колі:

$$U_1 I_1 \approx U_2 I_2 \quad (8)$$

Звідси

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_2}{I_1} \quad (9)$$

Це означає, що в скільки разів трансформатор підвищує напругу, у стільки ж разів він зменшує силу струму (і навпаки).

У сучасних потужних трансформаторах сумарні втрати енергії не перевищують 2—3 %. Трансформатор перетворює змінний електричний струм так, що добуток сили струму на напругу приблизно однаковий для обох обмоток.

Коефіцієнт корисної дії трансформатора:

$$\text{ККД} = \frac{P_2}{P_1},$$

де P_1 – потужність що використовується первинною обмоткою, а P_2 – потужність, що виділяється у вторинній обмотці.

Порядок виконання роботи:

1. Ознайомтесь з будовою трансформатора, розберіться в з'єднанні секцій обмоток і підготуйте таблицю для запису результатів вимірювань і обчислень.

2. Розкрутіть гвинт і розберіть трансформатор. До котушки на 120 В приєднайте джерело змінної напруги і амперметр. Виміряйте силу струму в колі, після цього виміряйте силу струму в тій же котушці при введеному в неї, спочатку половини осердя, а потім – при повному замиканні осердя. Порівняйте результати і поясніть зміну сили струму.

3. Зберіть трансформатор з двома котушками на 220/120 В і 6/6 В. Секцію на 120 В однієї з котушок приєднайте через вимикач до затискачів змінної напруги. Виміряйте напругу U_1 і U_2 на затискачах першої і другої котушок.

4. Визначте коефіцієнт трансформації.
5. Розімкніть коло і приєднайте до затискачів вторинної котушки магазин опорів ($10\ \Omega$) так, щоб він був повністю введений.
6. Виміряйте напругу та силу струму у первинній та вторинній обмотках.
7. Підрахуйте потужність P_1 , корисну потужність P_2 і ККД.
8. Дослід повторіть, зменшуючи опір навантаження на $1\ \Omega$ до $3\ \Omega$. В кожному досліді вимірюйте силу струмів і напруги в первинній і вторинній обмотках і обчисліть ККД.
9. Результати вимірювань і обчислень занесіть в таблицю і за отриманими даними побудуйте графік залежності ККД трансформатора від корисної потужності.

№ п/п	Опір навант.	Первинна обмотка			Вторинна обмотка			ККД, %
		U_1, V	I_1, A	P_1, W	U_2, V	I_2, A	P_2, W	
1	10							
2	9							
3	8							
4	7							
5	6							
6	5							
7	4							

Висновки:

Лабораторна робота № 4

Електрозабезпечення фізичних кабінетів

Мета: вивчити будову, технічні дані і правила експлуатації комплектів електрозабезпечення фізичних кабінетів.

Завдання I. Повторити відповідний навчальний матеріал за шкільними та вузівськими підручниками.

Завдання II. Ознайомитись з будовою та можливостями використання комплектів електрозабезпечення фізичних кабінетів.

1. Комплект електрозабезпечення типу КЕФ-8

Цей комплект використовується для обладнання фізичних кабінетів. Забезпечує живлення споживачів напругою від 0 до 42 В постійного або змінного струму зі струмом навантаження, яке не перевищує $6,3\text{ А}$ і може бути використаний як для демонстрацій, так і для лабораторних робіт. До складу комплекту входять перетворювач учбовий, випрямляч, штепсельна розетка, штепсельні вилки, провідники, які служать для монтажних робіт у фізичному кабінеті. На передній панелі приладу змонтовані ручка поступового перемикавання напруги вторинного кола від 0 до 42 В , лампа, яка подає сигнал включення кола, вимикач мережі, затискачі змінного та постійного струму під напругою до 42 В , розетки для подачі напруги на робочі столи учнів. На задній – змонтовані автоматичний запобіжник, який служить для захисту перетворювача від струмів короткого замикання та довгих перевантажень, затискачі “земля” та шнур мережі. Комплект КЕФ-8 має два виконання: розглянутий варіант перетворювач без вимірювальних приладів, у другому варіанті на передній панелі є вольтметр та амперметр.

2. Комплект електрозабезпечення типу КЕФ-10

Використовується для обладнання фізичних кабінетів шкіл та для забезпечення електроживленням приладів при виконанні демонстраційних дослідів, фронтальних лабораторних робіт та фізичного практикуму. Комплект складається з щита живлення (ЩПУ), випрямляча (ВУ-4) – 20 шт., штепсельної розетки на напругу 42 В , монтажного дроту. На передній панелі щита живлення є автоматичний вимикач SF-1, який використовується для включення напруги у мережу, а також для захисту мережі від струмів короткого замикання; лампа, яка сигналізує про включення щита у мережу; тумблери; автоматичні вимикачі. Схеми випрямлячів і з'єднань комплектів КЕФ-8 та КЕФ-10 принципово не відрізняються.

3. Вивчення комплектів КЕФ-8 і КЕФ-10

Ввімкніть перетворювач ПУ-42-6 комплекту КЕФ-8 до мережі. Приєднайте вольтметри на 50 В до затискачів постійного та змінного струму. Спостерігайте за показами приладів при обертанні ручки перемикача напруги. Підключіть випрямляч ВУ-4 до розеток перетворювача ПУ-42-6, а до затискачів випрямляча ВУ-4 приєднайте по чергово резистори з опором 4 та 1 Ом . Спостерігайте за показами вольтметра за змінами напруги на затискачах випрямляча при різних значеннях опорів резисторів.

Відкрийте передню панель щита ЩПУ комплекту КЕФ-10. Знайдіть запобіжники і тумблери перемикавання напруги з 36 на 42 В . В

першій лінії вимкніть запобіжник, в другій – встановіть перемикач у положення 36 В, а в третій – в положення 42 В. Закрийте передню панель, ввімкніть щит до мережі і перевірте вольтметром вихідну напругу в кожній лінії. Вимкніть щит ЩПУ з мережі. Встановіть всі перемикачі у положення 36 В.

4. Лужні акумулятори

Перевірте рівень електроліту в акумуляторі ЖН-22.

Складіть коло. Встановіть нормальний розрядний струм. Виміряйте напругу на кожному акумуляторі та на батареї акумуляторів. Складіть установку для зарядки батареї акумуляторів 3-ЖН-22 від випрямляча ВС-24М. Початкова напруга повинна бути рівна 0. Ввімкніть коло, встановіть зарядний струм, використовуючи як ручку регулятора напруги, так і реостат. Вимкніть коло.

5. Шкільний електророзподільний щит

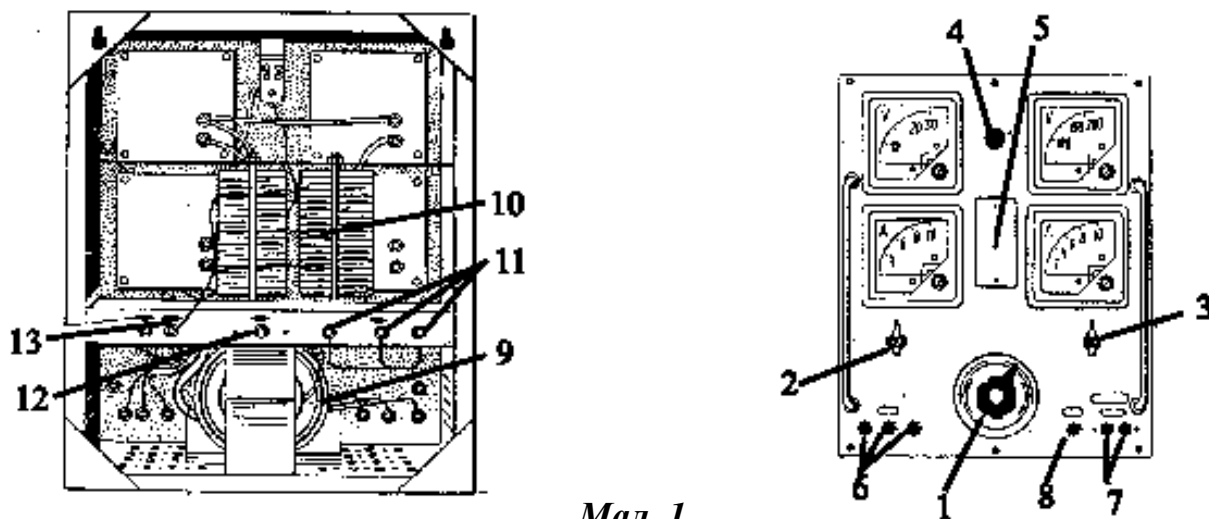
Щит електророзподільний шкільний (*мал. 1*) призначений для демонстрування дослідів і зарядки акумуляторів; він дає змогу регулювати змінну і постійну (випрямлену) напруги. Електророзподільний щит змонтовано на металевому каркасі і закрито металевим корпусом.

На передній стінці корпуса розміщені електровимірювальні прилади, ручка автотрансформатора 1 з шкалою, пакетний триполюсний вимикач 2, перемикач на змінну і постійну напруги 3, сигнальна лампочка 4, виріз (закритий кришкою) для доступу до плавких запобіжників 5, затискачі для виведення трифазної напруги 6, затискачі для виведення однофазної змінної або випрямленої напруги 7, затискач від нульового провідника 8.

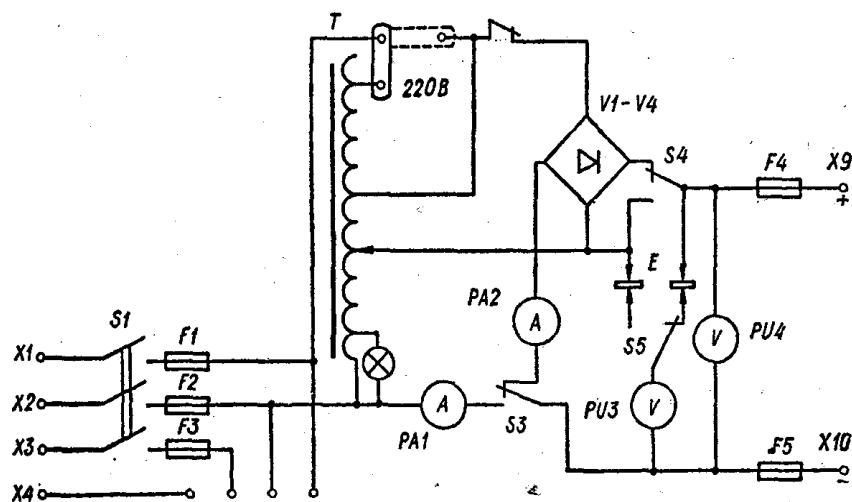
Всередині корпуса на каркасі закріплено автотрансформатор 9, випрямляючий місток 10, затискачі для підведення трифазної напруги 11, затискач для нульового проводу 12, затискачі з перемикаючим провідником для подачі на автотрансформатор 13 напруги 127 або 220 В. Принципову схему щита показано на мал. 2.

На вхід щита (затискачі $X1$, $X2$, $X3$) подається трифазна напруга мережі (220 або 127 В) з нульовим проводом, яка через пакетний вимикач S_1 і систему плавких запобіжників $F1-F3$ подається на трифазний вихід щита й автотрансформатор. Останній має вихід для вмикання на 127 В. Від автотрансформатора живиться двопівперіодний випрямляч, складений із селенових випрямляючих елементів. На випрямляч може бути подано регульовану змінну напругу в межах 0-127 В.

За допомогою пакетного перемикача (S_2-S_5), який має два положення, здійснюється перемикання напруги на виході щита. На щиті встановлено чотири електровимірювальні прилади: амперметр P_{A1} для



Мал. 1



Мал. 2

вимірювання сили змінного струму в навантаженні; амперметр P_{A2} для вимірювання сили постійного струму в навантаженні; два вольтметри $PU3$ і $PU4$ на 30 В і 250 В для вимірювання змінної та постійної напруги на виході щита. При цьому спеціальний пристрій E від'єднує вольтметр $PU3$ при досягненні напруги 30 В .

В умовах номінального режиму роботи (45 хв. роботи з наступною 15-хвилинною перервою) щит забезпечує одержання такої напруги і струмів:

1. При напрузі в мережі 127 В – регульовану змінну напругу від 5 до 220 В із силою струму навантаження до 5 А .

2. При напрузі в мережі 220 В – регульовану змінну напругу від 5 до 240 В із силою струму навантаження до 10 А .

3. При напрузі в мережі 127 або 220 В можна дістати регульовану постійну (пульсуючу) напругу від 0 до 180 В із силою струму до 8 А .

Плавкі запобіжники $F1$ – $F3$ при напрузі в мережі 127 В повинні бути на 20 А , при 220 В – 10 А . Плавкі запобіжники $F4$ і $F5$, які захищають автотрансформатор (і селенові випрямлячі) від коротких замикань, мають бути на 10 А .

Істотним недоліком розподільного щита є гальванічний зв'язок між вихідним колом і мережею живлення (внаслідок використання автотрансформатора). Це означає, що вихідні клеми щита перебувають під високими потенціалами мережі. У зв'язку з цим (згідно з правилами техніки безпеки) подача напруги на учнівські лабораторні столи від розподільного щита недопустима.

Порядок виконання роботи:

1. Ознайомтесь із зовнішньою будовою щита.

2. Розгляньте електровимірювальні прилади щита. Встановіть межі їх вимірювань і ціни поділок шкал.

3. Розгляньте внутрішню будову щита (простежте, щоб щит був відключений від мережі живлення). Користуючись принциповою схемою, з'ясуйте призначення клем, розміщених на щиті.

4. Одержати від щита змінну напругу. Для цього:

- а) Ручку автотрансформатора поставте на нуль шкали змінного струму.

- б) Ручку перемикача „навантаження” поставте в положення $< \sim >$.

- в) До клем „регульована напруга” приєднайте електричну лампочку на 220 В .

- г) Подайте на щит живлення від мережі. Ручку вимикача поставте в положення «вкл.» (при цьому загоряється сигнальна лампа).

- д) Обертаючи ручку автотрансформатора, досягніть напруги 20 , 50 , 100 і 200 В .

е) Закінчивши роботу, поставте ручку автотрансформатора на нуль шкали, вимкніть щит.

5. Одержіть від щита постійну напругу. Для цього:

а) Ручку автотрансформатора поставте на нуль шкали постійного струму.

б) Ручку перемикача „навантаження” поставте в положення $< = >$,

в) Клему приєднайте до надійного заземлення. Подайте на щит живлення від мережі. Ручку вимикача поставте в положення «вкл» (при цьому загоряється сигнальна лампа).

г) Обертаючи ручку автотрансформатора (вправо або вліво від нуля), одержіть напругу 20, 40 і 60 В.

д) Закінчивши роботу, поставте ручку автотрансформатора на нуль шкали, вимкніть щит.

Лабораторна робота № 5

Електронний осцилограф та звуковий генератор

Мета: ознайомитись у загальних рисах з будовою електронного осцилографа та звукового генератора, оволодіти прийомами роботи з цими приладами.

Завдання I. Повторити необхідний навчальний матеріал за шкільним та вузівським підручниками.

Завдання II. Ознайомитись з будовою та можливостями використання електронного осцилографа.

1. Будова і дія електронно-променевої трубки

Мета: вивчити будову і принцип роботи електронно-променевої трубки, оволодіти прийомами роботи з нею.

Для дослідів з електронно-променевою трубкою промисловість випускає спеціальний демонстраційний прилад "Електроника И1-01" (мал. 1).

Прилад дає змогу одержати сфокусований пучок електронів і керувати ним, продемонструвати основні властивості електронних пучків: збудження люмінофору, відхилення і фокусування його електричним і магнітним полями.

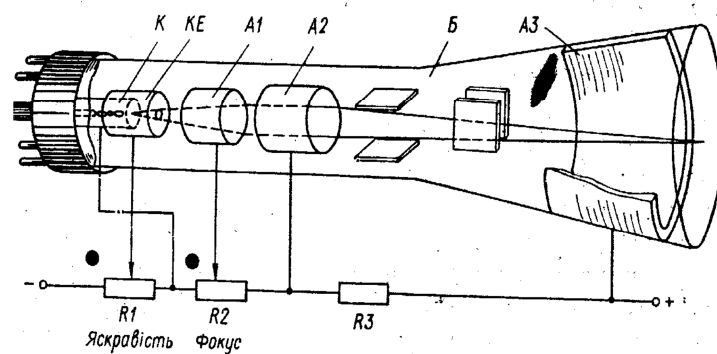
Основна частина приладу – електронно-променева трубка типу 13ЛО15И з електростатичним відхиленням і електростатичним фокусуванням. Проте трубка дає змогу показати відхилення і фокусування електронного пучка магнітним полем.

Електронно-променева трубка змонтована на дерев'яній підставці. Всередині підставки розміщено блок живлення, за допомогою якого дістаємо необхідні напруги на електродах трубки. Для розжарення підігрівника катода потрібне окреме джерело постійного або змінного струму з напругою $6,3\text{ В}$. На передній панелі підставки розміщено 4 клеми для кріплення відхиляючих котушок. За допомогою цих клем закріплено пружні контакти для приєднання відхиляючих пластин трубки до елементів схеми.

На бічній стороні підставки розміщено тумблер для вмикання живлення, а також ручки регулювання яскравості й фокусування. На задній панелі підставки – клеми для приєднання живлення нагрівника катода і для заземлення приладу.

Для того щоб працювати з електронно-променевими трубками, потрібно бути обізнаним з особливостями їх експлуатації.

1. Балони електронно-променевих трубок зазнають великого зовнішнього тиску внаслідок високого вакууму всередині них.



Мал. 1

Незначний удар по трубці може призвести до вибуху.

2. Світіння люмінофору екрана трубки пов'язане зі зміною енергетичного стану електронів в атомах люмінофору за рахунок енергії електронів, що потрапляють на екран. На збудження люмінофору витрачається приблизно 10% енергії електронів, а решта – перетворюється безпосередньо у внутрішню енергію, що проявляється в нагріванні того місця, на яке падає електронний пучок. Це слід мати на увазі під час роботи з електронно-променевими трубками. Надмірна яскравість світіння екрана може спричинити вигорання люмінофору, і трубка вийде з ладу.

3. Не слід залишати трубку в такому місці, де на її екран падає пряме сонячне світло, бо під його впливом люмінофор „старіє”, а це знижує яскравість світіння.

4. Працюючи з установками, що мають електронно-променеві трубки, не розміщуйте їх поблизу приладів, які створюють потужні

магнітні поля. Це дасть змогу запобігти спотворенням зображень на екрані трубки.

5. Для того щоб електронно-променева трубка передчасно не спрацювалась, потрібно стежити, щоб зміни напруги розжарення підігрівника катода не виходили за допустимі межі. Від надмірного розжарення руйнується активний шар катода, від недостатнього – поверхня активного шару не поповнюється новими атомами, які дифундують з товщі активного шару.

Вивчення електронно-променевої трубки починають з демонстрування її загального вигляду.

2. Основні властивості електронних пучків

1. Вивчити основні властивості електронних пучків починаючи з демонстрування свічення люмінофору екрана трубки під дією потоку швидких електронів. Змінюючи яскравість і фокусування світної плями на екрані, показують різну інтенсивність свічення залежно від концентрації і потужності електронного пучка. Колір свічення екрану залежить від складу люмінофору. Щоб дістати свічення застосовують складні люмінофори.

2. Для демонстрування відхилень електронного пучка електричним полем складають установку, що складається з ВУПа, гальванометра з додатковим опором, електронно-променевої трубки. На клеми, з'єднані з горизонтально відхиляючими пластинами, подають постійну регульовану напругу від ВУПа (клеми $0 \dots \pm 100 \text{ В}$). Напругу вимірюють демонстраційним гальванометром (від вольтметра) з додатковим опором 22 кОм . При такому додатковому опорі на шкалі з нулем посередині ціна поділки становить 10 В .

Вмикають живлення приладів і, плавно змінюючи напругу, показують поступове зміщення світної плями вправо і вліво від центра екрана. Потім дослід повторюють, подаючи напругу на вертикально відхиляючі пластини. Звертають увагу учнів на те, що за допомогою електронно-променевої трубки можна виміряти напругу електричного струму.

3. Досліди на відхилення електронного пучка в магнітному полі починають з демонстрування дії поля постійного магніту. Для цього вмикають трубку, на екрані з'являється світна пляма. Потім з боку до трубки підносять дугоподібний магніт і спостерігають зміщення плями, користуючись правилом правої руки.

Для того щоб продемонструвати, як відхиляється електронний пучок полем електромагніту, на передній панелі підставки електронно-променевої трубки гвинтовими затискачами закріплюють відхиляючі котушки з осердям від лабораторного набору з електромагнетизму. З'єднують котушки між собою так, щоб на кінцях, повернутих до

трубки, утворювалися протилежні магнітні полюси. До котушок через вимикач і реостат приєднують акумулятор і спостерігають відхилення світної плями на екрані. Змінюючи силу струму в котушках, показують плавне зміщення плями. Потім змінюють напрям струму в котушках і демонструють, що пляма відхилилася вже в протилежний бік.

В осцилографах, де потрібна висока точність виміру, застосовують електростатичні трубки, а в телебаченні, де необхідна висока чіткість зображення, – трубки з магнітним керуванням.

3. Електронний осцилограф

Мета: вивчити шкільний осцилограф, оволодіти прийомами роботи з ним.

Осцилограф – пристрій для візуального спостереження та реєстрації функціональної залежності величин, що виражені в формі електричної напруги або струму (*мал. 2*). Найширше використовуються осцилографи для дослідження періодичних процесів.

В найпростішому випадку осцилограф складається із чотирьох блоків: блоку електронно-променевої трубки (ЕПТ), генератора розгортки (ГР), підсилювача дослідного сигналу (ПС) і блоку живлення (БЖ).

Для регулювання яскравості зображення осцилограф оснащений ручкою “яскравість”, щоб керувати потоком електронів у пучку.

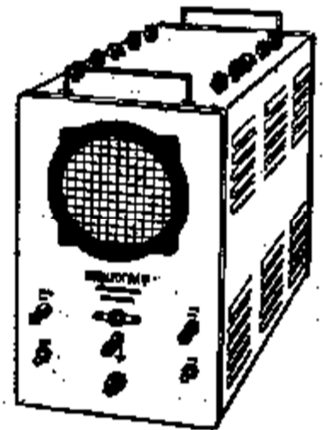
Електричне поле між фокусуєчим циліндром і анодом здатне фокусувати пучок електронів, що розходить. Фокусуєчий електрод і анод складають електростатичну лінзу. Вимірювання різниці потенціалів між фокусуєчим циліндром і анодом призводить до різного фокусування електронного пучка. Конструкцією осцилографа передбачено зміну фокусування ручкою “фокус”.

Сфокусований пучок електронів проходить між пластинками ХХ і УУ. Якщо на пластинки ХХ або УУ подано постійну напругу, то електронний пучок зміщується відповідно або по горизонталі, або по вертикалі; це фіксується як “Вправо-влево”, “Вверх-вниз”.

4. Ознайомлення з органами керування електронного осцилографа і прийомами роботи з ним

1. Розглядають передню і верхню панелі ОЕШ. З’ясовують призначення органів керування.

2. Розглядають задню панель ЕОШ і пристрій, в якому встановлено запобіжник. Потрібно щоб запобіжник і його положення



Мал. 2

відповідали напрузі мережі в лабораторії (при напрузі 127 В запобіжник має бути на $1,5\text{ А}$; при 220 В – на 1 А).

3. Встановлюють ручки « \leftrightarrow », « \updownarrow », «яскравість», «фокус» в середнє положення. Решту ручок повертають до упору в напрямі проти годинникової стрілки.

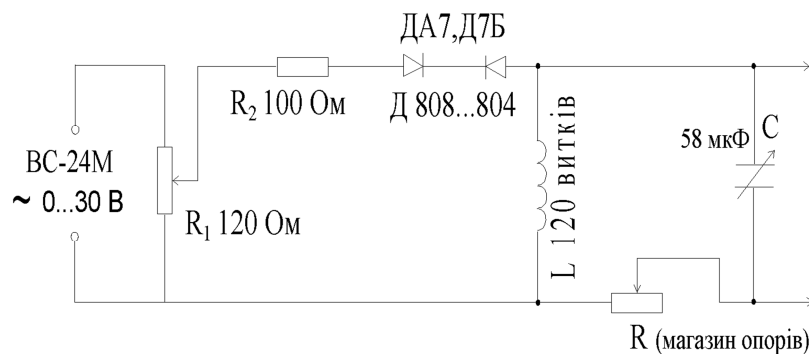
4. Вмикають осцилоскоп у мережу. Через $1-1,5\text{ хв}$ повертанням ручок «яскравість» і «фокус» одержують на екрані не яскраве, але чітке зображення точки. Обертаючи ручки « \leftrightarrow », « \updownarrow », стежать за переміщенням зображення на екрані.

5. Перемикач генератора розгортки ставлять в положення « 30 Гц ». Встановлюють ручку виду синхронізації в положення «внутр.» На вертикальний вхід осцилографа подають контрольний сигнал, з'єднавши «Вхід Y» з клемою «Контрольний сигнал», розміщеною на задній стінці осцилографа. Діставши на екрані зображення, обертанням ручок спочатку «Частота плавно», а потім «Синхронізація підсилення» утворюють стійке зображення осцилограми.

5. Застосування осцилографа для дослідження періодичних процесів

Щоб одержати затухаючі коливання, потрібно зібрати коливальний контур за схемою, зображеною на мал. 3.

Під час замикання ключа діод протягом одного з півперіодів пропускатиме струм і конденсатор C заряджатиметься до певної напруги, а протягом другого – не пропускатиме струму. За цей час



Мал. 3

конденсатор буде розряджатись через котушку індуктивності L і реостат R . У контурі виникають затухаючі коливання, і на екрані осцилографа з'явиться їх осцилограма. Оскільки осцилограма затухаючих коливань утворюється за один півперіод змінного струму промислової частоти ($t=1/2 \cdot 5$, $гц = 1/100\text{ с}$), то, порахувавши на осцилограмі кількість коливань n , можна знайти період затухаючих коливань T :

$$T = t / n.$$

Знаючи період власних коливань контуру і його ємність з формули $T = 2\pi\sqrt{LC}$, знайти індуктивність котушки коливального контуру:

$$L = \frac{T^2}{4\pi^2 C}.$$

6. Шкільний звуковий генератор

Генератор звуковий шкільний (ГЗШ) – призначений для утворення синусоїдальних коливань звукової частоти від 20 до 20000 Гц при демонструванні дослідів з акустики і змінного струму (мал. 4).

Увесь діапазон частот поділено на три піддіапазони: 20-200 Гц; 200-2000 Гц; 2000-20000 Гц. Перехід з одного піддіапазону на інший здійснюється ступінчастою зміною значення R .

У межах кожного піддіапазону частоту можна змінювати плавно (змінною C) за допомогою диска з шкалою, проградуєваною в герцах.

Вихід генератора розраховано на навантаження 5, 600 і 5000 Ом. Амплітуду вихідної синусоїдальної напруги регулюють ручкою «Підсилення» від 0 до 220 В (між клемми «Заг.» і «5000 Ом»).

Максимальна вихідна потужність ГЗШ становить 2 Вт.

Живиться ГЗШ від мережі змінного струму напругою 127 або 220 В.

7. Порядок ознайомлення з органами керування ГЗШ та прийомами роботи з ним

1. Розглядають передню панель ГЗШ. З'ясовують призначення органів керування.

2. Розглядають пристрій, в якому встановлено запобіжник. Стежать, щоб запобіжник і його положення відповідали напрузі мережі в лабораторії (при напрузі 127 В запобіжник має бути на 1 А; при напрузі 220 В – на 0,5 А).

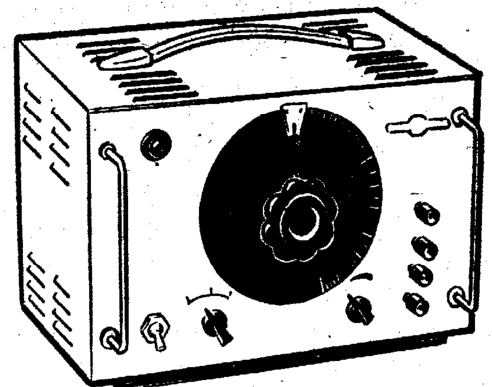
3. До вихідних клем («Заг.» і «5 Ом») приєднують динамічний гучномовець (без вихідного трансформатора).

4. Вмикають ГЗШ в мережу. Показують можливість плавно і стрибкоподібно змінювати частоту коливань.

5. Стежать, як зміниться гучність звучання динаміка, якщо його перемкнути на клемми «Заг.» і «600 Ом». Пояснюють причину зміни гучності.

8. Виконання дослідів з використанням ОЕШ та ГЗШ

1. Приєднують вихід «5 Ом» звукового генератора до «Входу Y» осцилографа. Ручку діапазонів розгортки ставлять в положення «150», а ручку



Мал. 4

синхронізації – в положення «внутр.». Встановлюють на ГЗШ частоту 800 Гц , а ручку підсилення – в середнє положення.

Вмикають прилади і через $1-1,5 \text{ хв}$ обертанням відповідних ручок утворюють чітке нерухоме зображення синусоїди.

2. Не змінюючи частоти розгортки, утворюють на екрані зображення із збільшеним у 2 рази числом періодів синусоїди.

3. Не змінюючи частоти ГЗШ, утворюють на екрані зображення із зменшеним у 4 рази числом періодів синусоїди.

4. Перевіряють правильність градування шкали ГЗШ. Для цього ставлять ручку діапазонів розгортки осцилографа в положення « 30 Гц », а ручку синхронізації – у положення «від мережі».

Перемикач піддіапазонів частоти ГЗШ ставлять в перше положення. Увімкнувши живлення приладів і одержавши на екрані зображення, встановлюють по чергово ручку частоти ГЗШ в положення « 50 Гц », « 100 Гц », « 150 Гц » і « 200 Гц ». При цьому на екрані повинно утворитись послідовно зображення одного, двох, трьох і чотирьох періодів синусоїди.

5. Приєднують до «Вхід 2» осцилографа електронний комутатор. На перший вхід комутатора подають напругу (кілька вольтів) від знижувального трансформатора, а на другий – від виходу « 5 Ом » звукового генератора.

Увімкнувши живлення приладів, дістають на екрані зображення двох осцилограм.

Лабораторна робота № 6

Вимірювачі й датчики часу

- **Мета:** навчитися використовувати у навчальному експерименті вимірювачі й датчики часу. Оволодіти методикою і технікою проведення дослідів при формуванні уявлень про відносність механічного руху.

- **Завдання I.** Повторити необхідний навчальний матеріал за шкільними та вузівськими підручниками.

- **Завдання II.** Вивчити будову й дію приладів для вимірювання часу та набути практичних умінь і навичок у використанні таких вимірювачів і датчиків часу:

1. Електромеханічний демонстраційний секундомір

- Ознайомтеся з електромеханічним секундоміром-датчиком часу.

- 1. Огляньте зовнішній вид приладу. Знайдіть тумблер включення, тумблер переключення режимів роботи, кнопки старту й установки нуля.

- 2. Включіть прилад у мережу й здійсніть ручний пуск секундоміра. Поверніть стрілку на нуль.
- 3. Вивчіть електричне коло секундоміра за схемою.
- 4. Підключіть до клем «вхід» ключ. Включіть секундомір замиканням ключа. Поверніть стрілку на нуль.
- 5. Виміряйте вольтметром напругу на клеммах «вихід» секундоміра. Яка напруга на цих клеммах при роботі секундоміра?
- 6. Здійсніть включення приладу в режимі датчика часу, задавши інтервал часу ($0,5\text{ с}$).
- Покажіть, що переміщення, яке здійснює тіло при рівноприскореному русі, пропорційні квадрату часу (при $V_0=0$).
- 1. Надайте жолобові деякий нахил, забезпечивши рівноприскорене скочування кульки. Підберіть оптимальну частоту ударів метронома, запустіть його. В такт з ударами метронома голосно скажіть: «нуль», «нуль», «нуль»,... Одночасно із одним з ударів метронома пустіть кульку вздовж жолоба і, продовжуючи рахунок ударів метронома: один, два, три,... Виміряйте час руху кульки до металевого циліндра, покладеного в кінці жолоба (змінюючи положення циліндра або нахил жолоба, потрібно добитися одночасності ударів кульки в циліндр із одним з ударів метронома). На основі вимірювання переміщення й часу визначте прискорення руху кульки й розрахуйте теоретично переміщення, що здійснює він за один, два, три, удари метронома.
- Покажіть, що дослід підтверджує залежність $S \sim t^2$.
- С цією метою покладіть стальний циліндр у розраховані місця траєкторії й покажіть одночасність ударів кульки в нього із ударом метронома (пуск кульки здійснюється завжди з одного й того ж місця жолоба одночасно з одним із ударів метронома на рахунок «нуль»).

2. Лічильник-секундомір, електронний шкільний

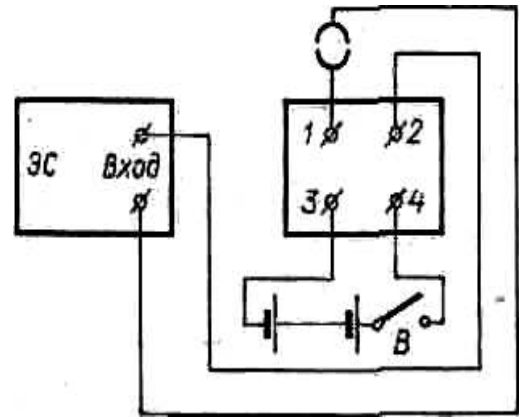
- Ознайомтесь з електронним секундоміром.
- 1. Огляньте зовнішній вид приладу. Знайдіть тумблер включення, кнопки «пуск» й «сброс», перемикач режимів роботи.
- 2. Підготуйте секундомір до роботи для відліку часу. Включіть прилад в мережу, поставте перемикач в режим секундоміра і переведіть тумблер у положення «вкл». Через 1-2 хв натисніть кнопку «сброс». В декатронах біля цифри «0» повинен виникнути розряд.
- 3. Здійсніть ручний запуск секундоміра і через деякий час скиньте покази.
- 4. Здійсніть запуск секундоміра замиканням клем «вхід». Скиньте покази.

Визначення миттєвої швидкості

- За допомогою лічильника-секундоміра та машини Атвуда визначити миттєву швидкість тіла.

- Визначення миттєвої швидкості тіла в даній точці траєкторії ґрунтується на вимірюванні швидкості того рівномірного руху, із яким рухається тіло, якщо в даній точці траєкторії на нього перестає діяти сила.

- 1. До машини Атвуда додається кільце з двома клемми й сполученими з ними контакти у вигляді двох півкілець. Закріпіть це кільце на стояку машини Атвуда й уключіть його контакти в ділянку кола, що йде від електронного секундоміра до машини Атвуда (мал. 1). Вантаж машини Атвуда зрівноважте й компенсуйте силу тертя.



Мал. 1

- На правий вантаж покладіть перевантаження, після чого ключ *В* розімкніть. При падінні перевантаження затримується кільцем й замикає собою електричні контакти. В цей момент секундомір умикається, а вантаж продовжує рухатись рівномірно. При ударі вантажу об столик секундомір вимикається.

- Виміряйте декілька раз час рівномірного руху. Обчисліть його швидкість. Зробіть висновок про миттєву швидкість вантажу в момент проходження кільця. Для успіху досліду слідкуйте за тим, щоб столик на початку досліду був піднятий.

- 2. Продумайте й зробіть виміри миттєвої швидкості скочування кульки в будь-якій точці жолоба. Для вимірювання часу руху використовуйте метроном, електронний (або електромеханічний) секундомір із приставками.

- Дайте порівняльну методичну оцінку цих двох варіантів досліду.

Визначення прискорення вільного падіння

- *Обладнання:* секундомір на декатронах, джерело струму, штатив із подовженим стояком, чотири муфти, демонстраційний метр, з'єднувальні провідники.

Порядок виконання роботи:

- 1. Для визначення прискорення вільного падіння за допомогою секундоміра на декатронах складають установку. Два стержні універсального штатива з'єднують і встановлюють видовжений стержень вертикально. За допомогою муфт закріплюють на ньому вгорі

пристрій з електромагнітом, а внизу – пристрій “НЗ” з відкинутою горизонтальною полицкою, розміщуючи його так, щоб підвішена до електромагніта стальна кулька, що падає вертикально вниз, попадала на полицку. До верхніх клем пристрою з електромагнітом приєднують батарею акумуляторів. Нижні клем цього пристрою, клем пристрою “НЗ” і вхідні клем секундоміра з’єднують послідовно. Біля пристроїв установлюють у вертикальному положенні демонстраційний метр. Пристрої розміщують так, щоб нижня точка підвішеної до електромагніта кульки була проти верхнього краю метра, а полицка пристрою “НЗ” – на потрібній відстані від неї. Перемикач роду роботи секундоміра ставлять у положення “Секунди”. Умикають у мережу і натискають кнопку “Пуск”. Пристрій “НЗ” опускають так, щоб відстань між його полицкою і нижньою точкою кульки становила 80 см. Ручку тумблера пристрою із електромагнітом перемикають у нижнє положення і підвішують кульку до його осердя. Переводять ручку тумблера в положення “Пуск”. При цьому одночасно починає падати кулька і працювати секундомір. Кулька, що падає, досягнувши полицки, ударяє в неї, і секундомір зупиняється. Дослід проводять 2-3 рази і знаходять середнє значення часу падіння кульки.

- 2. Кожного разу, зменшуючи відстань між полицкою і нижньою точкою кульки на 10 см, проробити аналогічні виміри і записати в табл..

• №	• $H, м$	• $T, с$	• $T^2, с^2$
• 1	• 1	•	•
• 2	• 0,9	•	•
• 3	• 0,8	•	•
• 4	• 0,7	•	•
• 5	• 0,6	•	•
• 6	• 0,5	•	•
• 7	• 0,4	•	•

- 3. Побудувати графік $t^2=f(h)$.
- 4. З графіка за формулою $g=2h/t^2$ визначити прискорення вільного падіння.

- Висновки:
-

- **Завдання III:** Виконати лабораторні роботи, додержуючись методичних вимог, щодо оформлення їх, письмового звіту:

1. Відносність положення тіла

- **Обладнання:** будь-яке тіло (бажано правильної геометричної форми) пофарбоване в яскравий колір.

- Вибране для демонстрації тіло розміщують у різних точках класу і звертають увагу учнів на те, що положення цього тіла відносно обраних тіл відліку (стіни класу, демонстраційний стіл) різне. Це означає, що координати тіла в системі координат, зв'язаній з вибраним тілом відліку, різні. Корисно підкреслити, що в по-різному орієнтованих системах координат, зв'язаних з одним і тим самим тілом відліку, положення досліджуваного тіла визначається різним набором координат. У цьому й полягає відносність положення.

2. Відносність спокою й руху

- *Обладнання:* платформа, візок, два штативи, демонстраційний метр.

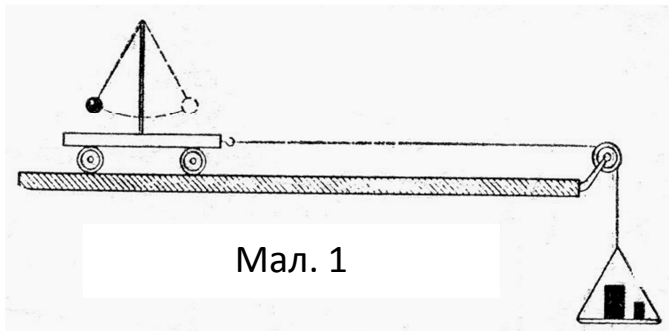
- Складають установку. Вважаючи платформу за тіло відліку, знаходять вектор переміщення візка відносно платформи і зображують його на дошці. Взявши кінець демонстраційного метра за тіло відліку, знаходять вектори переміщень платформи відносно метра й візка відносно платформи. Ці вектори, очевидно, різні, хоч у системі відліку “метр” переміщення візка однакові. Після цього визначають вектори переміщень візка відносно платформи й візка в системі “метр”, констатують, що ці вектори різні. З дослідів роблять висновок, що переміщення одного і того самого тіла в різних системах відліку, в цілому, різні. У цьому й полягає відносність переміщення.

3. Відносність траєкторії

- *Обладнання:* обертовий диск від приладу для демонстрування обертального руху, кілька кружків діаметром 3-4 см, вирізаних із кольорового паперу, клей.

- Метою досліду є продемонструвати відносність траєкторії. Для цього на обертовий диск наклеюють на різних від осі відстанях кілька паперових кружків. Потім крейдою на диску проводять два взаємно перпендикулярних діаметри, із яких один має проходити через будь-який кружок. Це буде система відліку, зв'язана з диском. Диск закріплюють у штативі так, щоб його площина була вертикальною і повернута кружками до учнів. Диск приводять в обертання і звертають увагу учнів на те, що в системі відліку, зв'язаній з демонстраційним столом, траєкторії кружків – кола різних радіусів. У системі відліку, пов'язаній з диском, точки нерухомі. Вийнявши диск із муфти штатива, змушують його ковзати без обертання по демонстраційному столу. У цьому випадку траєкторії руху кружків у системах “стіл” і “диск” різні. Прокочуючи диск столом, приходять до того самого висновку. Цей дослід демонструє відносність руху, спокою, переміщень, а також швидкостей.

4. Відносність переміщень



- *Обладнання:* платформа, візок, два штативи, демонстраційний метр.

- На демонстраційному столі складають установку. Звертають увагу на те, що ліві кінці метра, платформи і візка

перебувають на одному рівні, відносно якого відраховують переміщення платформи й візка. Залишаючи платформу нерухомою, переміщують візок по ній до якоїсь поділки метра. Констатують, що переміщення візка направлене праворуч, і визначають його значення (модуль). Це переміщення в певному масштабі зображують на дошці крейдою одного кольору. Повертають платформу й візок у початкове положення, потім переміщують спочатку платформу із нерухомим відносно неї візком, і, зупинивши платформу, рухають у тому самому напрямі візок. Рух візка треба закінчити під тією поділкою метра, до якої рухався візок першого разу. На дошці крейдою різних кольорів зображують вектори переміщень платформи відносно метра й візка відносно платформи. Переконаються в тому, що вектор переміщення візка відносно метра і сума векторів переміщень платформи відносно метра і візка відносно платформи однакові за значенням і напрямом.

- Повернувши візок і платформу у початкове положення, рухають одночасно платформу й візок по платформі. Необхідно припиняти рух платформи і візка одночасно і саме тоді, коли їх переміщення дорівнюють попереднім переміщенням. Такий дослід дає змогу продемонструвати закон незалежності рухів і переміщень.

5. Відносність швидкості

- *Обладнання:* скляна трубка завдовжки 60-80 см із внутрішнім діаметром 10-20 мм, дві пробки, штатив з лапкою й муфтою, стрілка з фанери, підфарбована вода.

- Цей дослід є ілюстрацією відносності швидкості.
- Закриту з одного кінця пробкою, скляну трубку заповнюють підфарбованою водою. Води наливати стільки, щоб після закривання відкритого кінця трубки під пробкою залишився стовпчик повітря висотою 12-20 мм. Якщо трубку швидко перевернути, то пухирець повітря, який тепер буде в нижній частині трубки, почне підніматися вгору, рухаючись майже рівномірно.

- Для досліду з картону або фанери вирізують достатніх розмірів стрілку і за допомогою лапки штатива закріплюють

горизонтально над демонстраційним столом на висоті, що приблизно дорівнює довжині трубки. Трубку встановлюють вертикально торцем на стіл так, щоб пухирець повітря був унизу, і спостерігають, як він піднімається. Помічають, що пухирець рухається з певною швидкістю відносно столу.

- Повернувши трубку на 180° тримають її так, щоб у початковий момент руху пухирець був напроти стрілки, яка встановлена на демонстраційному столі. Пухирець відносно стрілки рухається з такою самою швидкістю, як і відносно столу. Знову перевертають трубку і встановлюють її так, щоб пухирець на початку руху був напроти стрілки. В міру того як пухирець піднімається вгору, трубку з такою самою швидкістю опускають вниз. Спостерігають, що відносно стрілки пухирець не рухається. Але в системі відліку пов'язаній з трубкою пухирець рухається з такою самою швидкістю, як і в досліді відносно столу.

- З цих дослідів випливає, що одне й те саме тіло відносно різних систем відліку одночасно може мати різні значення і напрямом швидкості. Це свідчить про відносність швидкості.

6. Абсолютний характер прискорення

- *Обладнання:* метроном, електронний секундомір, електро механічний секундомір-датчик, платформа з електродвигуном, електрифікований візок, диск великих розмірів на горизонтальній осі, пластмасовий блок з ручкою, диск, обертальний навколо вертикальної осі, скляна трубка довжиною 1 м , заповнена зафарбованою водою, візок із маятником, масштабна лінійка, джерело струму на 6 В , дроти, ключ, шматочок крейди, 2-3 іграшкові фігурки в якості «спостерігачів», брусок, пружина, вказівки, блок, нитка.

- Покажіть абсолютний характер прискорення в інерціальних системах відліку.

- Для досліду використовуйте візок з установленим на ній маятником. Візок приводиться в рух вантажем, що падає (мал. 1). Перед початком досліду досягніть рівномірного руху візка вздовж усієї довжини демонстраційного столу.

- При демонстрації виведіть маятник із положення рівноваги й за допомогою секундоміра виміряйте час 5-10 коливань маятника: а) коли візок знаходиться в спокої; б) при рівномірному русі візка. Зробіть необхідні висновки.